

(28)

【外国語明細書】

**DYNAMIC LOW-LEVEL ENHANCEMENT AND REDUCTION OF MOVING
PICTURE DISTURBANCE FOR A DIGITAL DISPLAY**

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to video displays and, more particularly, to a method and system for improving the image quality of a display in which a pixel is illuminated by pulses generated in subfields of a frame of the image in accordance with a pulse distribution function. A maximum pixel value to be imaged during the frame is determined, and the pulse distribution is modified based on the maximum pixel value. The invention is particularly suited for use with plasma display panels.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Digital displays such as alternating current (AC) Plasma Display Panels (PDPs) are evolving as an attractive choice to view television programming, especially with regard to the emerging digital television and high definition television (DTV/HDTV) formats. Conventional cathode ray tubes (CRTs) have an established high picture quality, and PDPs are striving to achieve a similar quality in order to attract widespread consumer acceptance.

PDPs, i.e., gas discharge panels, are well known in the art and, in general, comprise a structure including a pair of substrates respectively supporting column and row electrodes, each coated with a dielectric layer and

(29)

disposed in parallel spaced relation to define a gap therebetween in which an ionizable gas is sealed. The substrates are arranged such that the electrodes are disposed in orthogonal relation to each other, thereby defining points of intersection which, in turn, define discharge pixel sites at which selective discharges may be established to provide a desired storage or display function.

It is known to operate such panels with AC voltages and particularly to provide a write voltage which exceeds a firing voltage at a given discharge site, as defined by selected column and row electrodes, thereby to produce a discharge at a selected cell. The discharge can be continuously "sustained" by applying an alternating sustain voltage, which, by itself, is insufficient to initiate a discharge. The technique relies upon wall charges generated on the dielectric layers of the substrates which, in conjunction with the sustain voltage, operate to maintain continuing discharges.

Referring to Fig. 1, the structure of a full color AC plasma panel is schematically illustrated. Plasma panel 410 includes a back substrate 412 upon which plural column address electrodes 414 are supported. Column address electrodes 414 are separated by barrier ribs 416 and are covered by red, green and blue phosphors 418, 420 and 422, respectively. A front transparent substrate 424 includes a pair of sustain electrodes 426 and 428 for each row of pixel sites. A dielectric layer 430 is emplaced on front substrate 424 and a magnesium oxide overcoat layer 432 covers the entire lower surface thereof, including all of sustain electrodes 426 and 428.

(30)

The structure of Fig. 1 is sometimes called a single substrate AC plasma display since both sustain electrodes 426 and 428, for each row, are on a single substrate of the panel. An inert gas mixture is positioned between substrates 412 and 424 and is excited to a discharge state by sustain voltages applied by sustain electrodes 426 and 428. The discharging inert gas produces ultra-violet light that excites the red, green and blue phosphor layers 418, 420 and 422, respectively to emit visible light. If the driving voltages applied to column address electrodes 414 and sustain electrodes 426, 428 are appropriately controlled, a full color image is visible through front substrate 424.

In order to cause the AC plasma panel of Fig. 1 to exhibit a full color image for applications such as television or computer display terminals, a means of achieving a gray scale is needed. Since it is desirable to operate AC plasma panels in a memory mode to achieve high luminance and low flicker, an addressing technique is utilized to achieve image gray levels in pixels that only exist in the ON or OFF states. Such addressing technique is described by Yoshikawa et al. in "A Full Color AC Plasma Display With 256 Gray Scale", Japan Display, 1992, pp. 605-608. Because a PDP is a digital device, it can provide only a fixed number of gray scale gradations. In the case of an 8-bit red-green-blue (RGB) signal, 256 gradations are possible.

Fig. 2 illustrates the driving sequence used by Yoshikawa et al. to achieve a 256 gray scale. The drive sequence is sometimes called the sub-field addressing

(31)

method. The plasma display panel is addressed in a conventional video manner that divides images into frames. A typical video image may be presented at 60 frames per second, which corresponds to a frame time of 16.6 milliseconds. The sub-field addressing method shown in Fig. 2 divides each frame into 8 sub-fields, SF1-SF8.

As shown in Fig. 3, each of the 8 sub-fields is further divided into an address period and a sustain period. During the sustain period, a sustain voltage is applied to sustain electrodes 26 and 28. Thus, if a given pixel site is in the ON state, it is caused to emit light by one or more sustain pulses. By contrast, the sustain voltage is insufficient to cause a discharge at any pixel site that is in the OFF state.

Note in Fig. 2 that the length of the sustain period of each of the 8 sub-fields is different. The first sub-field has a sustain period with only 1 complete sustain cycle period. The second sub-field has 2 sustain cycles, the third sub-field has a sustain period with 4 sustain cycles and, so forth, until the 8th sub-field which has a sustain period with 128 sustain cycles.

By controlling the sustaining of a given pixel site that has been addressed, the perceived intensity of the pixel site can be varied to any one of the 256 gray scale levels. Suppose it is desired for a selected pixel site to emit at half-intensity or at level 128 out of 256. In such a case, a selective write address pulse is applied to the pixel site during sub-field 8 by applying an appropriate voltage to a column address electrode 14, and utilizing one of sustain lines 26, 28 as the opposing

(32)

address conductor. No address pulses are applied during the other sub-fields to the addressed pixel site. This means that during the first 7 sub-fields, there is no writing action and therefore no light is emitted during the sustain periods. However, for sub-field 8, the selective write action turns ON the selected pixel site and causes an emission of light therefrom during the sub-field 8 sustain period, in this case for 128 sustain cycles. The 128 sustain cycle per frame energization corresponds to a half-intensity for a frame time.

If, alternatively, it is desired for the selected pixel site to emit at one-quarter intensity or at level 64 out of 256, then a selective write address pulse is applied to the pixel site during sub-field 7 and no address pulses are applied during the other sub-fields. Thus, during sub-fields 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 8, there is no writing and therefore no light is emitted during the respective sustain periods. However, for sub-field 7, the selective write turns ON the selected pixel site and causes an emission of light during the sub-field sustain period (in this case, for 64 sustain cycles corresponding to a 1-quarter intensity). For a full-intensity case, the selective write address pulse is applied during all 8 sub-fields so that the pixel site emits light for all sustain periods for each of the 8 sub-fields, corresponding to a full-intensity for the frame.

The Yoshikawa et al. procedure enables any of 256 different intensities to be achieved through the action of a display processor supplying an 8-bit data word for each sub-pixel site, the data word corresponding to the desired gray intensity level. By routing each of the

(33)

bits of the data word to control the selective write pulse of each of the 8 address periods of the 8 subfields in a given frame, the 8-bit data word controls the number of sustain cycles during which the selected pixel site will emit light for that frame. Thus, any integer number of sustain cycles per frame between and including 0-255 is obtainable.

Fig. 4 shows a standard sustain pulse distribution over 8 subfields for an 8-bit grayscale. In an 8-subfield system, the sustain pulse distribution is binary-weighted. That is, each subsequent subfield will contain twice the number of pulses as the previous subfield.

However, a PDP system is not limited to 8 subfields per frame. Japanese Patent No. H10-107573 to Mori describes a system in which the pulses for the 8-bit grayscale are distributed over 12 subfields. Fig. 5 shows an example of a 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale, similar to that described in the Mori patent.

Japanese Patent No. H10-153980 to Kawahara describes another distribution known as pulse width modulation (PWM) coding. Fig. 6 shows an example of a PWM 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale.

Conventional video signals are gamma corrected to rectify non-linearities of color cathode ray tubes. However, PDPs do not exhibit such nonlinearities. Accordingly, in order to use a conventional video

(34)

signal in a PDP system, an "inverse" gamma function must remove the gamma correction curve embedded in the conventional video signal and produce an output that matches the linearity of the PDP. The linear output data is represented in an 8-bit field that is sent to display logic circuitry for subfield processing.

The inverse gamma function applied to the gamma corrected input data is typically defined by the equation:

$$\text{Output_Data} = \text{Input_Range} \times \left(\frac{\text{Input_Code}}{\text{Input_Range}} \right)^{2.2} \quad (1)$$

Fig. 7 is a graph representing the gamma correction function (Curve B), the inverse gamma function (Curve C) and a desired linear output function (Curve A). Inverse-gamma correction greatly reduces the number of gradations represented on the display. While the linear response allows 256 different output values, the inverse-gamma curve allows only 184 different output values. This is most evident in the low-level image data where the input value must change considerably to achieve a small change in the output value. As the input value increases, the slope of the curve increases, so that at high input levels a small change of input produces a large change of brightness.

Fig. 8 is a graph of the gamma correction function for input values ranging from 0 to 40 counts of conventional video signal data. Note that an input value of 15 is required before any change is produced

(35)

at the output, and input values of 16 through 25 all produce an output value of 1. Consequently, at low intensity levels, a viewer sees a set of wide contours, each consisting of a single value decoded from a larger number of input values.

A display controller for a PDP receives the gamma corrected input data, applies the inverse gamma function and enables individual subfields to produce a desired level of luminance. Since different types of digital displays produce different amounts of light and may have different brightness requirements, the amount of light produced varies. This requires use of a scaling operation to weight the subfields to yield full intensity. To preserve the linearity of the display, the subfields are binary coded, i.e., each subfield produces twice the light as the previous subfield, as described above. When the number of pulses in each subfield is scaled to meet a brightness requirement, the binary weighting is scaled. For example, to increase the brightness by 5 times, quantities of 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320, and 640 sustain pulses are implemented in subfields 1 through 8, respectively.

These prior art techniques for managing the intensity of an image on a PDP suffer from several limitations. First, as low light level information is intensified, intensity contouring is visible when an image presents data that moves between low level intensities. Second, the gradual slope of the inverse-gamma function for low input values produces artifacts that are perceptible to the human eye. The human eye operates more logarithmically than linearly and

(36)

consequently, it readily perceives a change in low light levels, making a viewer highly receptive to low level intensity transitions. Third, a moving picture disturbance (MPD) occurs as light shifts between subfields in a moving image. This causes the viewer to see false color contours as an image shifts across a display.

As discussed above, a pixel that is to be illuminated in a subfield is first activated by a write voltage applied to the electrodes that define the pixel. Nonetheless, the pixel is addressed and sustain pulses are generated regardless of whether the pixel is to be illuminated. The addressing of the pixel and the generation of sustain pulses in a subfield within which a pixel will not be illuminated is a waste of power.

It is an object of the present invention to provide a method and system for improving the image quality of a display in which a pixel is illuminated by pulses generated in subfields of a frame of the image in accordance with a pulse distribution function.

It is another object of the present invention to provide such a method and system that improves resolution at low intensity levels.

It is another object of the present invention to provide such a method and system that reduces moving picture disturbances.

(37)

It is yet another object of the present invention to provide such a method and system that reduces power applied to the display.

SUMMARY OF THE INVENTION

In accordance with a first method of the present invention, a method is provided for improving an image on a display that images pixels. Each of the pixels has an intensity represented by a respective pixel value, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, and the pulses allocated among the set of subfields in accordance with a pulse distribution. The method comprises the steps of determining a maximum pixel value to be imaged during the frame-time, and altering a number of pulses within a given subfield based on the maximum pixel value, thus modifying the pulse distribution.

In accordance with a second method of the present invention, a method is provided for reducing power consumed by a display that images pixels in which an intensity of a given pixel is associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time. The method comprises the step of reducing power to the display during a given subfield in which none of the pulses are applied to produce the intensity of the given pixel.

The invention takes advantage of subfields that would not ordinarily be used to produce the desired

(38)

level of luminance. The maximum pixel value is compared to a threshold that correlates to a sustain pulse distribution boundary of a subfield. The threshold is related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in a frame-time. In the preferred embodiment, the invention identifies the subfield having the smallest associated threshold that is also greater than the maximum pixel value. When the maximum pixel value is less than a threshold, subfields occurring after that threshold can be used for the production of new pulses or for a redistribution of existing pulses. Also, an unused subfield can provide a period of time during which power to the display can be reduced.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a perspective view of a prior art PDP configuration;

Fig. 2 is a schematic view of a frame time and the subfields included therein;

Fig. 3 illustrates the signals present in a single subfield;

Fig. 4 illustrates a standard sustain pulse distribution over 8 subfields for an 8-bit grayscale system;

Fig. 5 illustrates a 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system;

(39)

Fig. 6 illustrates a pulse width modulated 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system;

Fig. 7 is a graph of a gamma correction function, an inverse gamma function and a linear output function;

Fig. 8 is a graph of a gamma correction function for input values ranging from 0 to 40 counts of conventional video signal data;

Fig. 9 illustrates an 8-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system with thresholds in accordance with the present invention;

Fig. 10 illustrates a 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system with thresholds in accordance with the present invention;

Fig. 11 illustrates a pulse width modulation 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system with thresholds in accordance with the present invention;

Fig. 12 is a graph of pseudo 9-12 grayscale that can be realized for a low value input to an inverse gamma function in accordance with the present invention;

Figs. 13 - 17 illustrate a technique for allocating pulses to subfields to define sustain pulse

(40)

distributions over 12 subfields in accordance with the present invention;

Fig. 18 illustrates subfields with new least significant bits (LSBs) situated in place of formerly unused subfields in accordance with the present invention;

Fig. 19 illustrates subfields with new LSBs situated at the top of a frame in accordance with the present invention;

Fig. 20 illustrates a preferred arrangement in which new pulses are situated after accumulated dead time in accordance with the present invention;

Figs. 21 and 22 illustrate sustain pulse distributions over 12 subfields, including fractional sustain pulses in accordance with the present invention;

Figs. 23 - 27 illustrate a technique for redistributing sustain pulses over 12 subfields according to the present invention;

Fig. 28 illustrates a technique by which dead time is accumulated and allocated to create a new subfield in accordance with the present invention;

Figs. 29 and 30 show suggested redistributions of sustain pulses to include thirteen and fourteen subfields in accordance with the present invention;

(41)

Figs. 31 - 33 illustrate combinations of a technique for allocating pulses to subfields, and for redistributing sustain pulses over 12 subfields according to the present invention;

Fig. 34 illustrates an example of a technique of dynamic power reduction in accordance with the present invention;

Fig. 35 is a graph showing several threshold levels, each with a hysteresis band in accordance with the present invention;

Fig. 36 is a flowchart of a method for improving image quality of a display in accordance with the present invention;

Fig. 37 is a flowchart of a method for improving low-level resolution of a display in accordance with the present invention;

Fig. 38 is a flowchart of a method for reducing moving picture disturbance in accordance with the present invention;

Fig. 39 is a flowchart of a method for reducing power consumed by a display in accordance with the present invention;

Fig. 40 is a block diagram of a circuit for receiving an 8-bit gamma corrected video signal and improving the image quality of a display in accordance with the present invention; and

(42)

Fig. 41 is a block diagram of a circuit for receiving a 10-bit gamma corrected video signal and improving the image quality of a display in accordance with the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present invention is a method and system for improving the image quality of a display in which a pixel is illuminated by pulses generated in subfields of a frame of the image in accordance with a pulse distribution function. In brief, input data is frame-buffered and evaluated to determine a maximum pixel value in the frame. Thereafter, a number of pulses within a subfield is altered based on the maximum pixel value, thus the sustain pulse distribution is modified. The invention is particularly suited for use with PDPs.

The modification of the sustain pulse distribution is possible because the invention takes advantage of subfields that would not ordinarily be used to produce the desired level of luminance. The maximum pixel value is compared to a threshold that correlates to a sustain pulse distribution boundary of a subfield. The threshold is related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in a frame-time. In the preferred embodiment, the invention identifies the subfield having the smallest associated threshold that is also greater than the maximum pixel value. When the maximum pixel value is less than a threshold, subfields occurring after that threshold can be used for the

(43)

production of new pulses or for a redistribution of existing pulses. Also, an unused subfield can provide a period of time during which power to the display can be reduced.

Fig. 9 shows an 8-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system. Five thresholds are indicated, i.e., $TH0 = 255$, $TH1 = 127$, $TH2 = 63$, $TH3 = 31$ and $TH4 = 15$. Consider a case of a maximum pixel value of 185 in a frame. The maximum pixel value of 185 is greater than all of the thresholds except for $TH0 = 255$. Consequently, all of the subfields must be used to produce sustain pulses to provide a level of intensity corresponding to a pixel value of 185. Now consider a case of a maximum pixel value of 90. The maximum pixel value of 90 is less than $TH1 = 127$, but greater than $TH2 = 63$. Thus, subfield 8 is not required to produce sustain pulses to provide a level of intensity corresponding to a pixel value of 90.

Fig. 10 shows a 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system. Five thresholds are indicated, i.e., $TH0 = 255$, $TH1 = 202$, $TH2 = 155$, $TH3 = 115$, $TH4 = 82$. Note that each of these thresholds is a greater value than that of the corresponding thresholds, $TH0 - TH4$, shown in Fig. 9. A maximum pixel value of 185 is less than $TH1 = 202$, but greater than $TH2 = 155$. Consequently, subfield 12 is not required to produce sustain pulses for a level of light intensity corresponding to a pixel value of 185. A maximum pixel value of 90 is less than $TH3 = 115$, but greater than $TH4 = 82$. Thus, subfields 10, 11

(44)

and 12 are not required to produce sustain pulses for a level of intensity corresponding to a pixel value of 90.

The invention takes advantage of unused subfields by using them for the production of new pulses or for a redistribution of existing pulses. When comparing the examples above in the discussion of Figs. 9 and 10, one finds that the 12-subfield sustain pulse distribution (Fig. 10) provides more opportunity for utilizing otherwise unused subfields than does the 8-subfield sustain pulse distribution (Fig. 9). Accordingly, the present invention can be applied more frequently in a 12-subfield system than in an 8-subfield system.

Fig. 11 shows a pulse width modulation (PWM) 12-subfield sustain pulse distribution for an 8-bit grayscale system. Five thresholds are indicated, i.e., $TH0 = 255$, $TH1 = 223$, $TH2 = 191$, $TH3 = 159$ and $TH4 = 127$. Each of these thresholds is a greater value than that of the corresponding thresholds, $TH0 - TH4$, shown in Fig. 10. The present invention can therefore be applied more frequently with the PWM 12-subfield sustain pulse distribution (Fig. 11) than with the 12-subfield sustain pulse distribution (Fig. 10). However, tests have indicated that the distribution of Fig. 10 provides superior performance regarding a reduction of MPD artifacts. Therefore, the 12-subfield sustain pulse distribution of Fig. 10 is a preferred distribution, and it shall be assumed in the examples subsequently described herein.

(45)

The examples presented herein assume an 8-bit pixel value and a 12-subfield sustain pulse distribution. They also assume a display capable of generating at least 255 sustain pulses per frame. However, the invention is not constrained to these examples. In general terms, the present invention can be applied to a system having an N-bit pixel value, and a display capable of producing $P(2^N - 1)$ sustain pulses in a frame, where P is an integer greater than 0, and the number of subfields is greater than or equal to N.

Although the examples presented herein show a sequence of subfields having an least significant bit (LSB) in subfield 1 and a most significant bit (MSB) in subfield 12, the present invention can be applied to any sequence of subfields. For example, the sequence can be ordered in time from MSB to LSB, or it can be independent of an LSB-MSB ordering, such as the distribution 1, 4, 10, 19, 33, 47, 53, 40, 26, 14, 6, and 2 sustain pulses.

The present invention includes three modes of operation, for convenience referred to as Mode 1, Mode 2 and Mode 3 that may be used separately or in conjunction with each other. In Mode 1, low-level resolution is improved by allocating one or more new pulses to an otherwise unused subfield. In Mode 2, MPD reduction is achieved by redistributing pulses from subfields below the threshold, and including the otherwise unused subfield in the redistribution. In Mode 3, driving circuits for the display are turned OFF during unused subfields.

(46)

In Mode 1, low-level resolution is improved by allocating one or more new pulses to an otherwise unused subfield. When a display is capable of producing more than 255 sustain pulses in a frame, more grayscale gradations can be realized. The present invention can thus use an 8-bit grayscale input value to produce a pseudo grayscale value of greater than 8 bits. Table 1 lists the minimum number of sustain pulses that a system must be capable of producing to support various pseudo grayscale schemes. For example, for a 12-bit pseudo grayscale, the system must be capable of producing at least 4080 sustain pulses per frame. The table also shows an allocation of pulses, and indicates the threshold levels that can possibly be realized in a system capable of providing a 12-subfield sustain pulse distribution such as that shown in Fig. 10.

(47)

Table 1
Minimum Number Of Sustain Pulses Required For 8-12 Bit Grayscale Systems

Grayscale System	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6	SF7	SF8	SF9	SF10	SF11	SF12	Sustain Pulses	Possible Thresholds
8-bit	1	2	4	6	10	14	19	26	33	40	47	53	255	0
9-bit	2	4	8	12	20	28	38	52	66	80	94	106	510	0,1
10-bit	4	8	16	24	40	56	76	104	132	160	188	212	1020	0,1,2
11-bit	8	16	32	48	80	112	152	208	264	320	376	424	2040	0,1,2,3
12-bit	16	32	64	96	160	224	304	416	528	640	752	848	4080	0,1,2,3,4

(48)

Fig. 12 shows the benefit of pseudo 9-12 grayscale that can be realized for a low value input to the inverse gamma function. For low level inputs in the range of 0-26, an 8-bit grayscale produces only three different output values, i.e., 0, 16 and 32, while a 12-bit grayscale yields 19 different output values. 12-bit grayscale offers increased resolution over 9-bit grayscale.

Given a display capable of producing 4080 sustain pulses per frame, in an 8-bit grayscale system a least significant bit (LSB) represents 16 sustain pulses. The present invention produces a pseudo 9-12 bit grayscale by taking advantage of subfields that are not ordinarily used in the 8-bit grayscale system and allocating new LSBs representing 8, 4, 2 and 1 pulses.

With 4080 sustain pulses per frame, the present invention can produce a pseudo 12-bit grayscale (see Table 1). The following examples further illustrate the operation of Mode 1, and the technique of pseudo 9-12 bit grayscale.

Mode 1, Threshold 0. Refer to Fig. 13. The maximum pixel value is greater than $TH1 = 202$. All twelve subfields are used, and therefore none are available for pseudo grayscale.

Mode 1, Threshold 1. Refer to Fig. 14. The maximum pixel value is less than or equal to $TH1 = 202$, and greater than $TH2 = 155$. Subfield 12 is not ordinarily used. Subfield 12 can therefore be used for

(49)

one new LSB representing 8 sustain pulses. Pseudo 9-bit grayscale is thus achieved.

Mode 1, Threshold 2. Refer to Fig. 15. The maximum pixel value is less than or equal to $TH2 = 155$, and greater than $TH3 = 115$. Subfields 12 and 11 are not ordinarily used. Subfields 12 and 11 can therefore be used for two new LSBs representing 8 and 4 sustain pulses. Pseudo 10-bit grayscale is thus achieved.

Mode 1, Threshold 3. Refer to Fig. 16. The maximum pixel value is less than or equal to $TH3 = 115$, and greater than $TH4 = 82$. Subfields 12, 11 and 10 are not ordinarily used. Subfields 12, 11 and 10 can therefore be used for three new LSBs representing 8, 4 and 2 sustain pulses. Pseudo 11-bit grayscale is thus achieved.

Mode 1, Threshold 4. Refer to Fig. 17. The maximum pixel value is less than or equal to $TH4 = 82$.

Subfields 12, 11, 10 and 9 are not ordinarily used. Subfields 12, 11, 10 and 9 can therefore be used for four new LSBs representing 8, 4, 2 and 1 sustain pulses. Pseudo 12-bit grayscale is thus achieved.

In a general case, Mode 1 of the present invention recognizes that some subfield in the pulse distribution contains a least significant number of pulses. The invention identifies an unused subfield and allocates to the unused subfield a quantity of new pulses equal to one half of the least significant number.

(50)

The relative placement of sustain pulses within a frame also influences the quality of an image as perceived by a viewer. This is because the human eye interprets an image by integrating the pulses, and the eye is susceptible to frame-to-frame variations in the pulse distribution.

Figs. 18 and 19 show two possible schemes for the placement of new pulses with a frame of image data. The figures also depict a retina response to excursions between Threshold 0 and Threshold 4 with an image moving at three pixels per frame. The new pulses can be situated at any point within the frame, and the ordering of the subfields can also be modified. Fig. 18 shows the subfields with new LSBs situated in place of the formerly unused subfields while Fig. 19 shows the subfields with new LSBs situated at the top of the frame. Although either scheme can be used, the arrangement shown in Fig. 19 can introduce 30Hz flicker and MPD artifacts when several thresholds are crossed in consecutive frames. These artifacts can be introduced by overshoot and undershoot intensity errors in the retina response (see Fig. 19) caused by a temporal change in the position of subfields 1-8 within the frame. Accordingly, the arrangement shown in Fig. 18 is preferred over that of Fig. 19.

Dead time is a time during which no pulse is generated. An additional improvement can be realized by accumulating dead time and situating the new pulses at a predetermined position within the frame with respect to the dead time. Similarly, the new pulses can be situated so that the dead time resides at a

(51)

predetermined position in the frame. The subfields that are designated for new sustain pulses ordinarily generate a major portion of the number of pulses within the frame. Since the quantity of pulses, typically 8, 4, 2 or 1, that are allocated to these subfields is much less than the quantity that the subfields are capable of accommodating, these subfields may contain substantial amounts of dead time..

Fig. 20 illustrates a preferred arrangement in which new pulses are situated after the accumulated dead time. Under this arrangement the new pulses will immediately precede the first subfield in the following frame. Consequently, light from the new pulses will transition smoothly into the next frame. Nonetheless, the invention is not limited to this arrangement, and the new pulses can be situated at any point within the frame with respect to the dead time. Furthermore, the dead time can be partitioned or redistributed throughout the frame.

Some PDP systems are capable of generating sustain pulses that provide varying levels of illumination. For example, a sustain pulse having a narrow pulse width may produce less light than a sustain pulse having a wider pulse width. Also, the light emitted during addressing can be considered to be some fraction of the light emitted by one sustain pulse. In such systems, $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ brightness, and other fractional levels of brightness, can allow for increased grayscale levels without increasing the number of sustain pulses.

(52)

For example, as shown in Fig. 21, 10-bit grayscale can be realized by adding a $\frac{1}{4}$ sustain pulse and a $\frac{1}{4}$ sustain pulse to the 155 sustain pulses that are remaining at Threshold 2 for a total sustain pulse count of $155 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = 155.75$ sustain pulses. As shown in Fig. 22, if a system is capable of producing 1020 sustain pulses, 10-bit grayscale can be generated using whole sustain pulses (see Table 1). In an 8-bit system, TH4 = 82, while in a 10-bit system, TH4 = 328 (i.e., $328 = 2^2 \times 82$). Accordingly, when a maximum pixel values falls below 82 counts, 12-bit grayscale can thus be achieved by adding LSBs representing $\frac{1}{2}$ and $\frac{1}{4}$ fractional sustain pulses for a total sustain pulse count of $328 + 2 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = 331.75$ sustain pulses. Therefore, low-level resolution can be improved by providing sustain pulses that yield less luminance than that of a regular sustain pulse.

In Mode 2, MPD reduction is achieved by redistributing pulses from subfields below the threshold into one or more subfields that are otherwise unused. That is, one or more pulses from the subfields below the threshold are allocated to one or more of the otherwise unused subfields. The MPD reduction is achieved by reducing variations in the level of light emitted in consecutive frames so that the retina response does not integrate false contours during motion in the image. As discussed above in the context of Figs. 9 and 10, the advantage of using 12 subfields to represent an 8-bit pixel value is that the sustain pulses can be more linearly distributed across the subfields in a 12-subfield system than in an 8-subfield

(53)

system. Reducing a delta sustain pulse count between adjacent subfields yields a reduction in MPD.

When one or more of the most significant subfields are not utilized in a frame, it is possible to redistribute the sustain pulses therefrom over all 12 subfields, further reducing the variation in number of sustain pulses between adjacent subfields. The issues concerning 30Hz flicker and MPD artifacts when crossing thresholds, presented in the description of Mode 1, also apply in this mode. However, the redistribution of sustain pulses introduces a randomness factor. The result does not introduce a significant amount of new MPD during these transition periods. The following examples further illustrate the operation of Mode 2.

Mode 2, Threshold 0. Refer to Fig. 23. The maximum pixel value is greater than $TH1 = 202$. All twelve subfields are used, and therefore none are available for redistribution of sustain pulses.

Mode 2, Threshold 1. Refer to Fig. 24. The maximum pixel value is less than or equal to $TH1 = 202$, and greater than $TH2 = 155$. Subfield 12 is not ordinarily used. The 202 sustain pulses originally in subfields 1 through 11 are redistributed over 12 subfields. Fig. 24, Frames 3 and 4, show a suggested redistribution.

Mode 2, Threshold 2. Refer to Fig. 25. The maximum pixel value is less than or equal to $TH2 = 155$, and greater than $TH3 = 115$. Subfields 12 and 11 are not ordinarily used. The 155 sustain pulses originally

(54)

in subfields 1 through 10 are redistributed over 12 subfields. Fig. 25, Frames 3 and 4, show a suggested redistribution.

Mode 2, Threshold 3. Refer to Fig. 26. The maximum pixel value is less than or equal to $TH3 = 115$, and greater than $TH4 = 82$. Subfields 12, 11 and 10 are not ordinarily used. The 115 sustain pulses originally in subfields 1 through 9 are redistributed over 12 subfields. Fig. 26, Frames 3 and 4, show a suggested redistribution.

Mode 2, Threshold 4. Refer to Fig. 27. The maximum pixel value is less than or equal to $TH4 = 82$. Subfields 12, 11, 10 and 9 are not ordinarily used. The 82 sustain pulses originally in subfields 1 through 8 are redistributed over 12 subfields. Fig. 27, Frames 3 and 4, show a suggested redistribution.

The effectiveness of Mode 2 can be further enhanced by dynamically adjusting the thresholds based on the modified pulse distribution. That is, when the sustain pulses are redistributed over the 12 subfields, the boundaries of the subfields will change, and the thresholds of the subfields can be adjusted.

For example, refer again to Fig. 24, and assume that a detected peak pixel value is less than or equal to $TH1 = 202$, and greater than $TH2 = 155$. The 202 sustain pulses from subfields 1 through 11 are redistributed over 12 subfields. The modified distribution is shown in Frame 4, in which the new distribution of sustain pulses from subfields 1 through

(55)

11 totals 162. Accordingly, a New TH2 = 162 is defined for Frame 4.

Similarly, as shown in Fig. 25, with a sliding threshold distribution providing 162 sustain pulses over 12 subfields, a New TH3 = 129 is defined by totaling the sustain pulses from subfields 1 through 11.

Also, as shown in Fig. 26, with a sliding threshold distribution providing 129 sustain pulses over 12 subfields, a New TH4 = 104 is defined by totaling the sustain pulses from subfields 1 through 11.

The advantage of dynamically adjusting the thresholds is that the new thresholds will be crossed at higher luminance levels, thereby allowing more opportunity for redistribution of sustain pulses and, consequently, MPD reduction.

Another enhancement is realized by recognizing that the amount of dead time in a frame increases as a smaller total number of sustain pulses is redistributed over the 12 subfields. The dead time can be accumulated and allocated to create a new subfield.

Fig. 28 illustrates the technique by which dead time is accumulated and allocated to create a new subfield. "S/A" represents a time interval required for setting up and addressing a subfield. Depending on the threshold, subfields 9, 10, 11 and 12 will each include an interval of dead time during which no

(56)

sustain pulses are generated. The intervals, SP9, SP10, SP11 and SP12 represent the recoverable time from the original subfields 9 through 12, respectively.

When a maximum pixel value falls below threshold 2, subfields 11 and 12 are ordinarily not used. SP11 and SP12 can be recovered and allocated to create a new subfield, i.e., a thirteenth subfield.

Likewise, when the maximum pixel value falls below threshold 4, subfields 9, 10 11 and 12 are ordinarily not used. SP9, SP10, SP11 and SP12 can be recovered and allocated to create two new subfields, i.e., a thirteenth and fourteenth subfield.

Figs. 29 and 30 show suggested redistributions of sustain pulses to include thirteen and fourteen subfields, respectively. These distributions over thirteen and fourteen subfields further reduce the variation in the numbers of sustain pulses between subfields, which further reduces MPD.

Depending on the threshold level that is crossed by a maximum pixel value, a combination of enhanced low-level resolution (Mode 1) and MPD reduction (Mode 2) may be achieved. As more thresholds are crossed due to decreasing image pixel values, more choices are possible regarding the utilization of the upper subfields. In a case where the maximum pixel value is less than or equal to TH4, 4 pseudo grayscale bits can be added and 2 additional subfields can be created, for a total of 14 subfields, over which the sustain pulses

(57)

can be redistributed. The following examples describe several scenarios, but others are possible.

Combined Modes, Threshold 1. The maximum pixel value is less than or equal to $TH1 = 202$ and greater than $TH2 = 155$. Subfield 12 is not ordinarily used. A choice may be made to utilize either Mode 1 or Mode 2.

Combined Modes, Threshold 2. Refer to Fig. 31. The maximum pixel value is less than or equal to $TH2 = 155$, and greater than $TH3 = 115$. Subfields 12 and 11 are not ordinarily used, and are thus available for image enhancement. One of these available subfields is situated on the left end of the pulse distribution and used for new LSBs (Mode 1). The other available subfield is used to allow a redistribution of sustain pulses (Mode 2).

Combined Modes, Threshold 3. Refer to Fig. 32. The maximum pixel value is less than or equal to $TH3 = 115$, and greater than $TH4 = 82$. Subfields 12, 11 and 10 are not ordinarily used, and are thus available for image enhancement. Two of these available subfields are situated on the left end of the pulse distribution and used for new LSBs (Mode 1). The other available subfield is used to allow a redistribution of sustain pulses (Mode 2). Alternatively, only one of the available subfields can be used for a new LSB, and the other two available subfields can be used for redistribution of pulses.

Combined Modes, Threshold 4. Refer to Fig. 33. The maximum pixel value is less than or equal to $TH4 =$

(58)

82. Subfields 12, 11, 10 and 9 are not ordinarily used, and are thus available for image enhancement. Three of these available subfields are situated on the left end of the pulse distribution and used for new LSBs (Mode 1). The other available subfield is used to allow a redistribution of sustain pulses (Mode 2). Alternatively, only one or two of the available subfields can be used for new LSBs, and the remaining available subfields can be used for redistribution of pulses.

In Mode 3, driving circuits for the display are turned OFF during unused subfields. This feature results in a reduction of quiescent-state power for the addressing and sustaining driver circuits.

Fig. 34 illustrates an example of dynamic power reduction for a case where the maximum pixel value is less than or equal to Threshold 4. Subfields 9, 10, 11 and 12 are not ordinarily used. Therefore, the driver circuits can be turned OFF during these subfields. In this case, quiescent-state power to the addressing circuits is reduced by 33%, and quiescent-state power to the sustain circuits is reduced by 68%.

Several other techniques can be applied to further enhance the effectiveness of the present invention. These techniques include a high luminance filter, hysteresis logic, and scene detect logic as described below.

The high luminance filter deals with a situation where the maximum pixel value is associated with only a

(59)

small portion of the total image. For example, a bright star, 5 pixels in size, is present in a nighttime scene. The high intensity of the star is represented by a maximum pixel value that does not fall below any of the thresholds, and therefore no subfields are available for image enhancement. The high luminance filter overcomes this problem by discarding pixels associated with a high luminance region that represents less than a small percentage, for example 1%, of the total image. The greatest threshold level that is less than the filtered high intensity pixel value is then selected as the threshold for the frame of image data.

For example, if the given 5 pixels in the bright star have a value of 210, $TH1 = 202$ is selected for that frame because it is the greatest threshold level that is less than 210. The filtered data is then limited to 202. This technique assures that the filtered data is not grossly limited to a much lower threshold value, which would unnaturally limit the dynamic range of the intensity of the image.

The hysteresis logic deals with a situation where a maximum peak value, from frame-to-frame, toggles about a threshold. This toggling will cause a 30 Hz flicker of the image as new LSBs are alternately activated and deactivated. The hysteresis logic overcomes this problem by creating a hysteresis band having an upper and lower boundary. A maximum pixel value must cross one of the boundaries in order for a threshold to change.

For example, Fig. 35 is a graph showing the thresholds, each with a hysteresis band providing ± 3

(60)

counts of hysteresis. A maximum pixel that is initially greater than $TH1 = 202$, and therefore in the range of $TH0$, must fall below 199 for the threshold to transition from $TH0$ to $TH1$. Conversely, if the pixel value is in the range of $TH1$, it must subsequently climb to greater than 205 for the threshold to transition from $TH1$ to $TH0$.

The scene detect logic deals with a situation where minor frame-to-frame variations in an image cause changes in the pulse distribution. These variations appear as a low rate, but undesirable, modification of the image intensity. The scene detect logic permits a change in threshold only when the image has changed from a previous image by a predetermined amount. That is, the scene detect logic will inhibit the alteration of the pulse distribution when the image has not changed by the predetermined amount. Image content for one frame is determined by summing the 8-bit data value for every full-color pixel (RGB) as it is written into a frame memory. The scene is regarded as having changed if the absolute difference of the total data content between two frames is greater than the predetermined amount. However, each threshold should be assigned an absolute maximum and minimum value so that the system will recognize a case where the maximum pixel value is well beyond the range of the current threshold, although a scene change is not detected. By recognizing the absolute values, thresholds will change appropriately for slow fade-ins and fade-outs, even though the image data from frame-to-frame may not differ enough to trigger a scene change.

(61)

Fig. 36 is a flowchart of a method for improving image quality of a display in accordance with the present invention. The method is implemented in a system in which the display images pixels, each with an intensity represented by a respective pixel value. The display is energized on a frame-time basis in which each frame includes a set of subfields. The intensity of a given pixel is controlled by applying sustain pulses to the subfields in accordance with a pulse distribution. Three modes of operation, as described above, are represented in this method. However, the method can be implemented to apply any of the three modes individually. The method begins with step 2.

In step 2, the method reads a frame of image data. The method then advances to step 4.

In step 4, the method evaluates the frame of image data and finds a maximum pixel value. The method then advances to step 6.

In step 6, the method evaluates the desired mode of operation for the system. If the desired mode is Mode 3, then the method branches to step 22. If the desired mode is not Mode 3, then the method advances to steps 8 and 10.

Step 8 is an embodiment of the hysteresis logic, and step 10 is an embodiment of the high luminance filter, both of which are described above. The sequence in which these steps are executed is not critical to the operation of the present invention, so

(62)

they are represented here as being performed in parallel.

Referring to step 8, recall that a given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in the frame. The method defines a hysteresis band around the subfield thresholds. The intent of the hysteresis band is to prevent a sequence of maximum pixel values that alternate above and below an original threshold value, from toggling about the original threshold value. The threshold values are adjusted so that a relationship between a current maximum pixel value and the threshold is retained until a subsequent maximum pixel value changes by more than a predetermined amount from the current maximum pixel value. The method then advances to step 12.

Referring to step 10, the method limits an intensity of a pixel associated with a high-luminance region of the image that represents less than a predetermined percentage of the image. This step may or may not limit the maximum pixel value, but for the sake of clarity, in subsequent steps, the result from step 10 is referred to as the resultant maximum pixel value. The method then advances to step 12.

In step 12, the method determines whether the image has changed a predetermined amount as compared to a previous image. This step is an embodiment of the scene detect logic described above. The point at which this step is performed is not critical to the operation of the present invention. For example, the scene

(63)

detect operation of step 12 could be performed before the hysteresis operation of step 8 and the high luminance filter of step 10. If the image has not changed by the predetermined amount, then the method loops back to step 2. If the image has changed by the predetermined amount, then the method advances to step 14.

In step 14, the resultant maximum pixel value is compared to a threshold that correlates to a sustain pulse distribution boundary of a subfield. The threshold is related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in a frame. In the preferred embodiment, the method identifies the subfield having the smallest associated threshold that is also greater than the maximum pixel value. When the maximum pixel value is less than a threshold, the method will alter the number of pulses allocated to subfields occurring after that threshold. The method then advances to step 16.

In step 16, the method evaluates the desired mode of operation for the system. If the desired mode is Mode 1, then the method advances to step 18. If the desired mode is Mode 2, then the method advances to step 20.

In step 18, in accordance with Mode 1, the method allocates new LSB sustain pulses to subfields that are otherwise unused. The method steps of Mode 1 are further described below in association with Fig. 37.

(64)

In step 20, in accordance with Mode 2, the method redistributes sustain pulses. The method steps of Mode 2 are further described below in association with Fig. 38.

In step 22, the resultant maximum pixel value is compared to a threshold that correlates to a sustain pulse distribution boundary of a subfield. The threshold is related to a number of pulses occurring prior in time in subfields in a frame. The method then advances to step 24.

In step 24, in accordance with Mode 3, the method reduces power consumed by the display. The method steps of Mode 3 are further described below in association with Fig. 39.

Fig. 37 is a flowchart of a method for improving image quality of a display in accordance with Mode 1 of the present invention. Mode 1 modifies the pulse distribution based on the maximum pixel value in order to improve low-level resolution of the display. This method begins with step 32.

In step 32, the method identifies a subfield, based on a relationship between a threshold value and the maximum pixel value, for alteration of a number of pulses present in the subfield. Note that the maximum pixel value was determined in step 4 of Fig. 36, but it may have been limited by the high luminance filter in step 10 of Fig. 36 to yield a resultant maximum pixel value. Note also that step 8 of Fig. 36 defined a hysteresis band about the threshold levels. In the

(65)

preferred embodiment, the method compares the resultant maximum pixel value to the thresholds associated with the subfields and identifies one or more subfields having an associated threshold value that is greater than the resultant maximum pixel value. The method identifies a subfield having a smallest associated threshold value that is also greater than the resultant maximum pixel value. When the resultant maximum pixel value is less than a threshold, subfields occurring after that threshold can be used for the production of new pulses. The method then advances to step 34.

In step 34, the method allocates one or more new pulses to the unused subfields. The method then advances to step 36.

In step 36, the method situates subfields at desired positions within the frame. The one or more subfields identified in step 32 can be situated at any position in the frame, but in a preferred arrangement, the subfields will be located at the end of the frame, just prior to a beginning of a subsequent frame. The method then advances to step 38.

In step 38, the method accumulates dead time from the subfields with the new pulses, and situates the new pulses at an optimum position within the frame with respect to the dead time. In the preferred arrangement, new pulses are situated after the accumulated dead time.

Fig. 38 is a flowchart of a method for improving image quality of a display in accordance with Mode 2 of

(66)

the present invention. Mode 2 modifies the pulse distribution based on the maximum pixel value in order to reduce MPD. This method begins with step 52.

In step 52, the method identifies a subfield, based on a relationship between a threshold value and the maximum pixel value, for alteration of a number of pulses present in the subfield. Note that the maximum pixel value was determined in step 4 of Fig. 36, but it may have been limited by the high luminance filter in step 10 of Fig. 36 to yield a resultant maximum pixel value. Note also that step 8 of Fig. 36 defined a hysteresis band about the threshold levels. In the preferred embodiment, the method compares the resultant maximum pixel value to the thresholds associated with the subfields and identifies one or more subfields having an associated threshold value that is greater than the resultant maximum pixel value. The method identifies a subfield having a smallest associated threshold value that is also greater than the resultant maximum pixel value. When the resultant maximum pixel value is less than a threshold, subfields occurring after that threshold can be used for a redistribution of existing pulses. The method then advances to step 54.

In step 54, the method accumulates dead time from subfields within the frame. Dead time is a time during which no pulse is generated. The method then advances to step 56.

In step 56, the method determines whether a new subfield can be created in place of the accumulated

(67)

dead time. If a new subfield can be created, then the method advances to step 58. If a new subfield cannot be created, then the method branches to step 60.

In step 58, the method creates one or more new subfields from the accumulated dead time. The method then advances to step 60.

In step 60, the method redistributes pulses across all available subfields. In particular, the pulses required to produce the desired level of luminance are redistributed over all of the subfields, including subfields identified in step 52, and new subfields created in step 58. The method then advances to step 62.

In step 62, the thresholds are adjusted based on the modified pulse distribution. This step is an embodiment of the technique of dynamically adjusting the thresholds, as described above.

Fig. 39 is a flowchart of a method for reducing power consumed by a display in accordance with Mode 3 of the present invention. This method begins with step 82.

In step 82, the method identifies an unused subfield, based on a relationship between a threshold value and the maximum pixel value. Note that the maximum pixel value was determined in step 4 of Fig. 36, but it may have been limited by the high luminance filter in step 10 of Fig. 36 to yield a resultant maximum pixel value. Note also that step 8 of Fig. 36

(68)

defined a hysteresis band about the threshold levels. In the preferred embodiment, the method compares the resultant maximum pixel value to the thresholds associated with the subfields and identifies one or more subfields having an associated threshold value that is greater than the resultant maximum pixel value.

The method identifies a subfield having a smallest associated threshold value that is also greater than the resultant maximum pixel value. When the resultant maximum pixel value is less than a threshold, subfields occurring after that threshold indicate a period of time during which power to the display can be reduced.

In step 84, the method reduces power to the display during the time of the one or more subfields identified in step 82.

Fig. 40 is a block diagram of a circuit for receiving an 8-bit gamma corrected video signal and improving the image quality of a display in accordance with the present invention. For simplicity, the block diagram describes the data path for one color (i.e., red, green or blue). The primary components of the circuit include a maximum pixel value detector 130, a frame memory 140, an inverse-gamma correction and sustain pulse coding read only memory (ROM) 180, and a sustain pulse distribution and subfield total circuit 170. Additionally, the circuit includes a scene detect circuit 110, a high luminance filter 120, a threshold decoder 150, and a hysteresis circuit 152.

The circuit can be implemented with discrete components or in firmware. Alternatively, it can be

(69)

implemented in a processor 190, with associated memory 192. While the procedures required to execute the invention hereof are indicated as already loaded into memory 192, they may be configured on a storage media, such as data memory 194 for subsequent loading into memory 192.

All of the 8-bit gamma corrected image data for one frame is written to frame memory 140. Frame memory 140 is a temporary holding area for the image data.

Maximum pixel value detector 130 evaluates the image data while it is being written to frame memory 140. Maximum pixel value detector 130 outputs a maximum pixel value for the frame of image data.

Scene detect circuit 110 determines whether an image has changed from a previous image by a predetermined amount. The scene is regarded as having changed if the absolute difference of the total data content between two frames is greater than a predetermined amount. It produces an output indicating whether the scene has changed. This circuit is an embodiment of the scene detect logic described above.

High luminance filter 120 limits the intensity of pixels associated with a high luminance region that represents less than a small percentage of the total image. This overrides the maximum pixel value detector 130 when the filter conditions are met.

Hysteresis circuit 152 considers the threshold of the previous frame, and the hysteresis bandwidth to

(70)

determine whether a difference between a first maximum pixel value and a subsequent maximum pixel value is sufficient to warrant a transition between thresholds.

Threshold decoder 150 receives the outputs from scene detect circuit 110, high luminance filter 120, maximum pixel value detector 130, and hysteresis circuit 152. After accounting for the scene change, high luminance, and hysteresis, threshold decoder 150 compares the resultant maximum pixel value with the thresholds corresponding to the subfield boundaries. By identifying which thresholds have been crossed, the system can identify subfields that are not ordinarily used to produce sustain pulses for the desired level of luminance. For example, referring to Fig. 10, a maximum pixel value of less than or equal to $TH2 = 155$, and greater than $TH3 = 115$ indicates that subfields 11 and 12 are available for image enhancement.

Threshold decoder 150 produces a mode control indicating which threshold has been crossed. Table 2 lists the thresholds and corresponding mode control values.

(71)

Table 2
Mode Control Bits

Threshold Decode	Mode Control Bits		
	2	1	0
Threshold 0	0	0	0
Threshold 1	0	0	1
Threshold 2	0	1	0
Threshold 3	0	1	1
Threshold 4	1	0	0

The inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180 obtains data from frame memory 140 and obtains the mode control from threshold decoder 150. The inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180 applies inverse gamma correction to the 8-bit image data and produces 12-bit image data that is sent to a subfield data memory.

In Mode 1, which operates to enhance low level resolution, the inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180 assign new LSBs to subfields 12, 11, 10, and 9 for TH1, TH2, TH3, and TH4, respectively, as shown in Figs. 13 - 17. In Mode 2, for MPD reduction, ROM 180 redistributes the 8-bit input data to 12 subfields after inverse-gamma correction.

Note that threshold decoder 150 determines the mode before inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180 acts on the data from frame memory 140. This is because inverse-gamma correction and sustain

(72)

pulse coding ROM 180 require the mode control in order to choose an appropriate 8-12 bit grayscale. Since the threshold detection operation precedes inverse-gamma correction, the correct input values are selected for detection to correlate to the thresholds after inverse-gamma correction. For example, if Threshold 1 is crossed for image data=202, then input value 230 is detected based on the inverse-gamma calculation.

It is possible to apply inverse-gamma correction at the front end of the system. However, this would require a 12-bit data path for all detection processes as well as for the frame memory. This would result in unnecessarily complex and more expensive hardware. It is also possible to separate the inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM into an inverse-gamma correction ROM 182 and a sustain pulse coding ROM 184, as shown by dotted blocks in Fig. 40. However, this would require a 12-bit output from inverse-gamma correction ROM 182 into sustain pulse coding ROM 184. It simplifies the process and requires less hardware to implement both functions in one ROM.

The sustain pulse distribution and subfield total circuit 170 receives the mode control from threshold decoder 150. The sustain pulse distribution and subfield total circuit 170 generates sustain pulses for each subfield, to match that of the coded 12-bit data produced by the inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180, and sends the sustain pulses to a sustain circuit. The potential for enhanced grayscale (9-12 bits) is determined in advance and is

(73)

largely dependent on how many sustain pulses a given system can generate.

Sustain pulse distribution and subfield total circuit 170 and inverse-gamma correction and sustain pulse coding ROM 180 work in unison to modify the sustain pulse distribution. This includes the allocation of new pulses to subfields for improved low level resolution, and the redistribution of pulses to reduce MPD. They situate the subfields within the frame, and if possible, they produce new subfields from accumulated dead time.

When applying Mode 3 to reduce power, threshold decoder 150 utilizes only the input from maximum pixel value detector 130. Driving circuits for the display are turned OFF during unused subfields. Since Mode 3 does not alter the remaining subfields, the scene detect circuit 110, high luminance filter 120, and hysteresis circuit 152 are not required for operation of Mode 3.

The present invention can also be applied in a system that uses a 10-bit RGB input. 10-bit input sources are available in professional digital video formats. Also, other analog sources can be converted to 10 bits using a 10-bit analog-to-digital converter.

Having a 10-bit source will add more detail to the image at brighter levels, but the increased input resolution is not generally apparent at low levels where the slope of the inverse-gamma curve is very small. Instead, the 10-bit grayscale inverse-gamma

(74)

response is virtually identical for 8 and 10-bit inputs up to level 45 (8-bits) or 180 (10-bits). However, above this level, much more image detail will be provided from the 10-bit source as the slope of the inverse-gamma curve becomes steeper.

Fig. 41 is a block diagram of a circuit for receiving a 10-bit gamma corrected video signal. All modes described earlier for the 8-bit circuit in Fig. 40 can be applied using a 10-bit input. The major difference in the hardware is that the inverse-gamma correction and sustain pulse coding read only memory (ROM) 280 for the 10-bit system must be 4 times deeper to accommodate the 2 additional address (input data) bits. For simplicity, the maximum pixel value detector 230 truncates 2 LSBs before determining the maximum pixel value from 8 bits as described above.

When adding 1 or 2 new LSBs of grayscale over the 12 subfields, these new inverse-gamma corrected bits will be derived from the 2 additional LSBs provided by the source. Any additional LSBs will be generated from the 12-bit output from inverse-gamma calculations as in the 8-bit system. The two additional source LSBs provide the extra image detail described above.

It should be understood that the foregoing description is only illustrative of the invention. Various alternatives and modifications can be devised by those skilled in the art without departing from the invention. Accordingly, the present invention is intended to embrace all such alternatives, modifications

(75)

and variances that fall within the scope of the appended claims.

(76)

CLAIMS

What is claimed is:

1. A method for improving an image on a display that images pixels, each of said pixels having an intensity represented by a respective pixel value, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said pulses allocated among said set of subfields in accordance with a pulse distribution, said method comprising the steps of:

determining a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and
altering a number of pulses within a given subfield based on said maximum pixel value, thus modifying said pulse distribution.

2. The method of claim 1, wherein said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said altering step includes the step of identifying said given subfield based on a relationship between said threshold value and said maximum pixel value.

3. The method of claim 1, wherein said pixel value is an N-bit value, and said display is capable of producing $P(2^N - 1)$ pulses in a quantity of Q subfields in said frame-time, and wherein P is an integer greater than 0, and $Q \geq N$.

(77)

4. The method of claim 1, further comprising the additional step of situating said given subfield at a predetermined position in said frame-time.

5. The method of claim 1, wherein said altering step includes the step of allocating a new pulse to said given subfield.

6. The method of claim 1, wherein said set of subfields includes a subfield having a least significant number of said pulses, and wherein said altering step includes the step of allocating to said given subfield, a quantity of new pulses equal to one half of said least significant number.

7. The method of claim 1, wherein a pulse in said given subfield yields less luminance than that of a pulse in a non-given subfield.

8. The method of claim 1, wherein said altering step includes the step of allocating to said given subfield, a pulse from another subfield.

9. The method of claim 1, wherein said altering step includes the steps of:

accumulating dead time, wherein said dead time is a time interval during which no pulse is generated; allocating said dead time to a new subfield; and situating said new subfield at a predetermined position in said frame-time.

10. The method of claim 1, further comprising, before said altering step, the step of limiting an intensity

(78)

of a pixel associated with a high-luminance region of said image that represents less than a predetermined percentage of said image.

11. The method of claim 1, further comprising, before said altering step, the step of inhibiting said altering step when said image has not changed by a predetermined amount as compared to a previous image.

12. The method of claim 2, further comprising, after said altering step, the step of adjusting said threshold value based on said modified pulse distribution.

13. The method of claim 2, wherein said maximum pixel value is a current maximum pixel value, and wherein said method further comprises the step of adjusting said threshold value so that said relationship is retained until a subsequent maximum pixel value changes by more than a predetermined amount from said current maximum pixel value.

14. The method of claim 5, wherein dead time is a time interval during which no pulse is generated, and wherein said altering step includes the step of situating said new pulse so that said dead time resides at a predetermined position in said frame-time.

15. A method for reducing power consumed by a display that images pixels, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said method comprising the step of reducing power to said display

(79)

during a given subfield in which none of said pulses are applied to produce said intensity of said given pixel.

16. The method of claim 15, wherein each of said pixels has an intensity represented by a respective pixel value, and said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said method further comprises, before said reducing step, the steps of:

- determining a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and
- identifying said given subfield based on a relationship between said threshold value and said maximum pixel value.

17. A storage media that includes instructions for controlling a processor that, in turn, improves an image on a display that images pixels, each of said pixels having an intensity represented by a respective pixel value, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said pulses allocated among said set of subfields in accordance with a pulse distribution, said storage media comprising:

- means for controlling said processor to determine a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and
- means for controlling said processor to alter a number of pulses within a given subfield based on said maximum pixel value, thus modifying said pulse distribution.

(80)

18. The storage media of claim 17, wherein said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said storage media further comprises means for controlling said processor to identify said given subfield, based on a relationship between said threshold value and said maximum pixel value.

19. The storage media of claim 17, wherein said pixel value is an N-bit value, and said display is capable of producing $P(2^N - 1)$ pulses in a quantity of Q subfields in said frame-time, and wherein P is an integer greater than 0, and $Q \geq N$.

20. The storage media of claim 17, further comprising, means for controlling said processor to situate said given subfield at a predetermined position in said frame-time.

21. The storage media of claim 17, further comprising, means for controlling said processor to allocate a new pulse to said given subfield.

22. The storage media of claim 17, wherein said set of subfields includes a subfield having a least significant number of said pulses, and wherein said storage media further comprises means for controlling said processor to allocate to said given subfield, a quantity of new pulses equal to one half of said least significant number.

(81)

23. The storage media of claim 17, wherein a pulse in said given subfield yields less luminance than that of a pulse in a non-given subfield.

24. The storage media of claim 17, further comprising, means for controlling said processor to allocate to said given subfield, a pulse from another subfield.

25. The storage media of claim 17, further comprising:

means for controlling said processor to accumulate dead time, wherein said dead time is a time interval during which no pulse is generated;
means for controlling said processor to allocate said dead time to a new subfield; and
means for controlling said processor to situate said new subfield at a predetermined position in said frame-time.

26. The storage media of claim 17, further comprising means for controlling said processor to limit an intensity of a pixel associated with a high-luminance region of said image that represents less than a predetermined percentage of said image.

27. The storage media of claim 17, further comprising means for controlling said processor to inhibit alteration of said number of pulses in said given subfield in a case where said image has not changed by a predetermined amount as compared to a previous image.

(82)

28. The storage media of claim 18, further comprising, means for controlling said processor to adjust said threshold value based on said modified pulse distribution.

29. The storage media of claim 18, wherein said maximum pixel value is a current maximum pixel value, and wherein said storage media further comprises means for controlling said processor to adjust said threshold value so that said relationship is retained until a subsequent maximum pixel value changes by more than a predetermined amount from said current maximum pixel value.

30. The storage media of claim 21, wherein dead time is a time interval during which no pulse is generated, and wherein said storage media further comprises means for controlling said processor to situate said new pulse so that said dead time resides at a predetermined position in said frame-time.

31. A storage media that includes instructions for controlling a processor that, in turn, reduces power consumed by a display that images pixels an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said storage media comprising means for controlling said processor to reduce power to said display during a given subfield in which none of said pulses are applied to produce said intensity of said given pixel.

(83)

32. The storage media of claim 31, wherein each of said pixels has an intensity represented by a respective pixel value, and said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said storage media further comprises:

- means for controlling said processor to determine a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and
- means for controlling said processor to identify said given subfield based on a relationship between said threshold value and said maximum pixel value.

33. A system for improving image quality of a display that images pixels, each of said pixels having an intensity represented by a respective pixel value, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said pulses allocated among said set of subfields in accordance with a pulse distribution, said system comprising:

- means for determining a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and
- means for altering a number of pulses within a given subfield based on said maximum pixel value, thus modifying said pulse distribution.

34. The system of claim 33, wherein said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said altering means identifies said given subfield based on a relationship

(84)

between said threshold value and said maximum pixel value.

35. The system of claim 33, wherein said pixel value is an N-bit value, and said display is capable of producing $P(2^N - 1)$ pulses in a quantity of Q subfields in said frame-time, and wherein P is an integer greater than 0, and $Q \geq N$.

36. The system of claim 33, further comprising means for situating said given subfield at a predetermined position in said frame-time.

37. The system of claim 33, wherein said altering means allocates a new pulse to said given subfield.

38. The system of claim 33, wherein said set of subfields includes a subfield having a least significant number of said pulses, and wherein said altering means allocates to said given subfield, a quantity of new pulses equal to one half of said least significant number.

39. The system of claim 33, wherein a pulse in said given subfield yields less luminance than that of a pulse in a non-given subfield.

40. The system of claim 33, wherein said altering means allocates to said given subfield, a pulse from another subfield.

41. The system of claim 33, wherein said altering means comprises:

(85)

means for accumulating dead time, wherein said dead time is a time interval during which no pulse is generated;

means for allocating said dead time to a new subfield; and

means for situating said new subfield at a predetermined position in said frame-time.

42. The system of claim 33, further comprising, means for limiting an intensity of a pixel associated with a high-luminance region of said image that represents less than a predetermined percentage of said image.

43. The system of claim 33, further comprising, means for inhibiting operation of said altering means when said image has not changed by a predetermined amount as compared to a previous image.

44. The system of claim 34, further comprising means for adjusting said threshold value based on said modified pulse distribution.

45. The system of claim 34, wherein said maximum pixel value is a current maximum pixel value, and wherein said system further comprises means for adjusting said threshold value so that said relationship is retained until a subsequent maximum pixel value changes by more than a predetermined amount from said current maximum pixel value.

46. The system of claim 37, wherein dead time is a time interval during which no pulse is generated, and wherein said altering means situates said new pulse so

(86)

that said dead time resides at a predetermined position in said frame-time.

47. A system for reducing power consumed by a display that images pixels, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, said system comprising means for reducing power to said display during a given subfield in which none of said pulses are applied to produce said intensity of said given pixel.

48. The system of claim 47, wherein each of said pixels has an intensity represented by a respective pixel value, and said given subfield has an associated threshold value related to a number of pulses allocated to subfields prior in time in said frame-time, and wherein said system further comprises:

means for determining a maximum pixel value to be imaged during said frame-time; and

means for identifying said given subfield based on a relationship between said threshold value and said maximum pixel value.

(87)

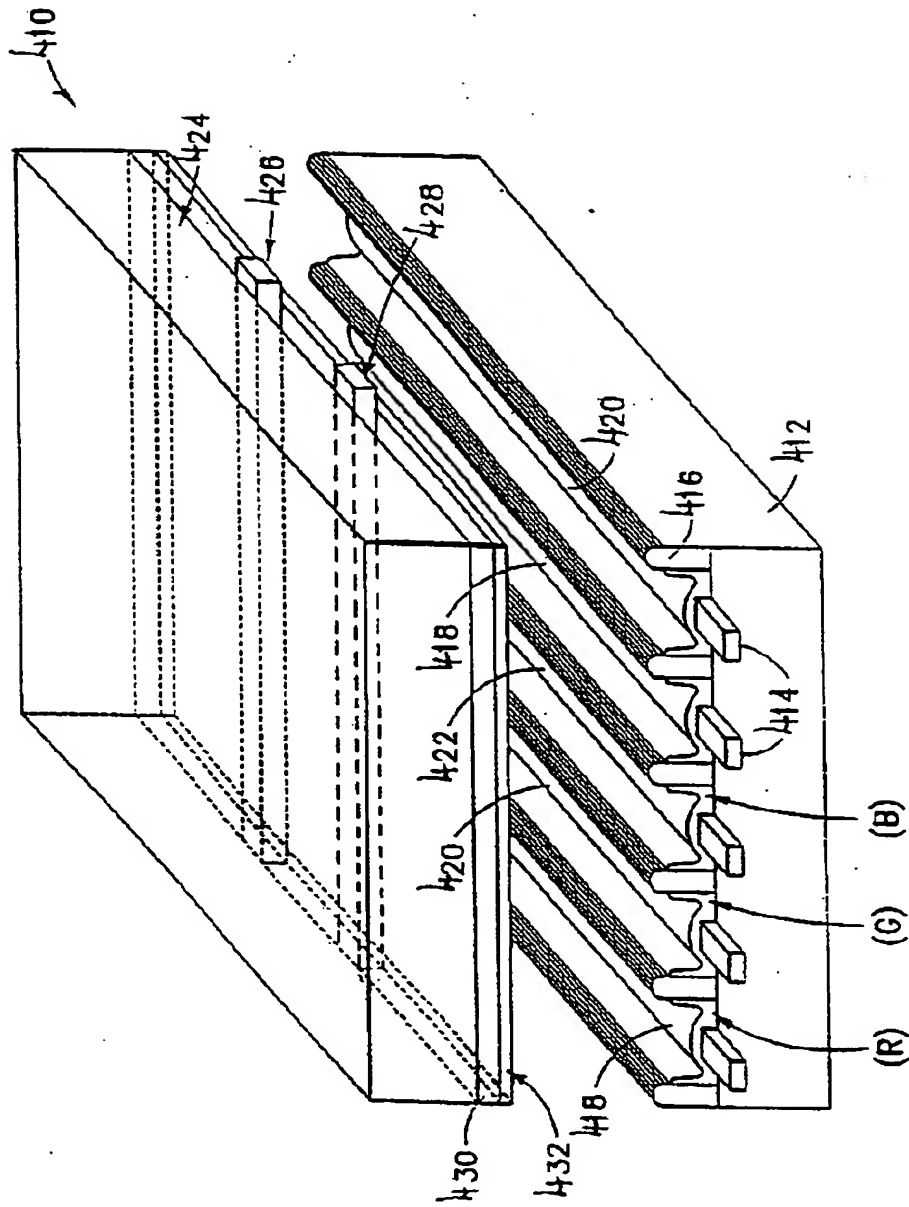


FIG. 1
PRIOR ART

(88)

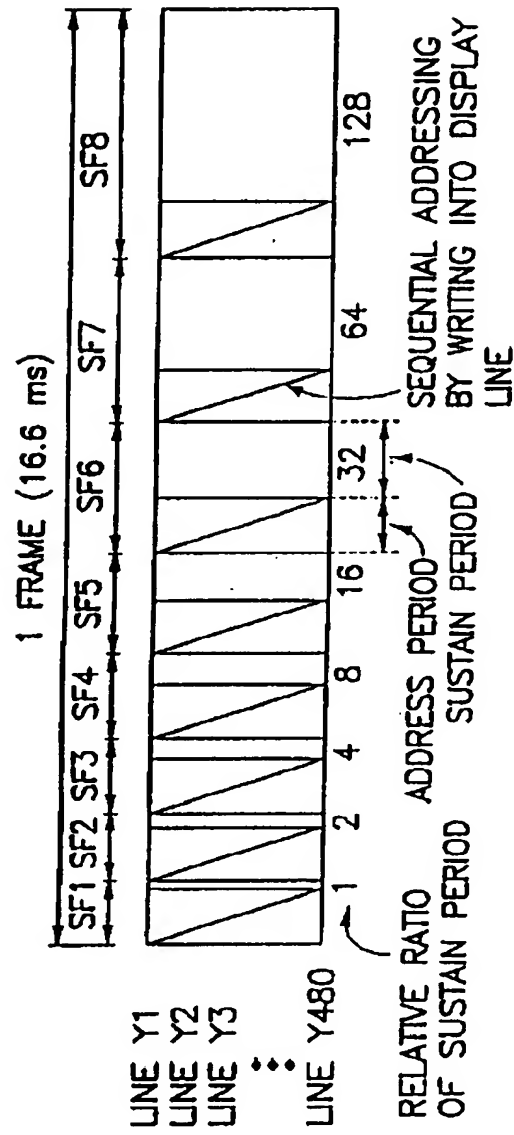
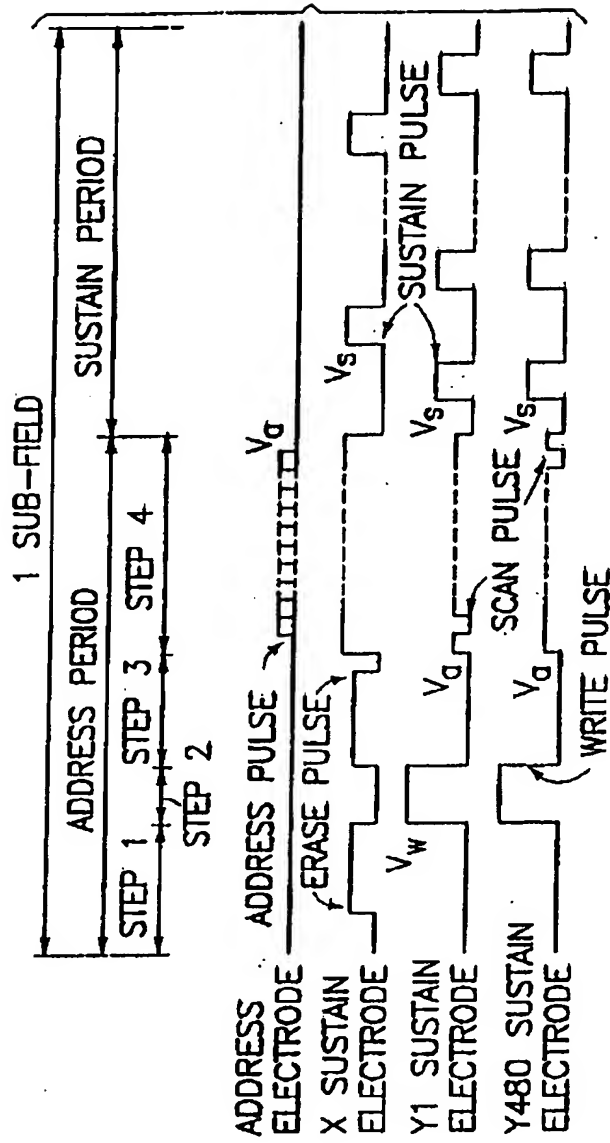


FIG. 2
PRIOR ART

(89)



DRIVING WAVEFORM

FIG. 3
PRIOR ART

(90)

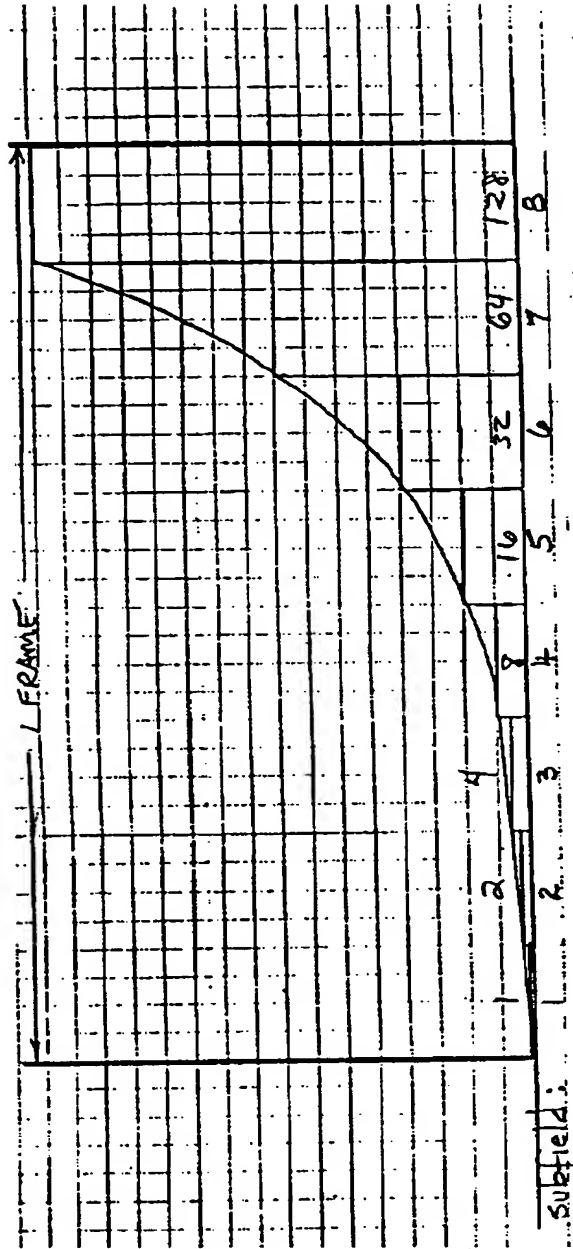


Figure 4. 8 subfield SE weighting for 8-bit grayscale

For Art

(91)

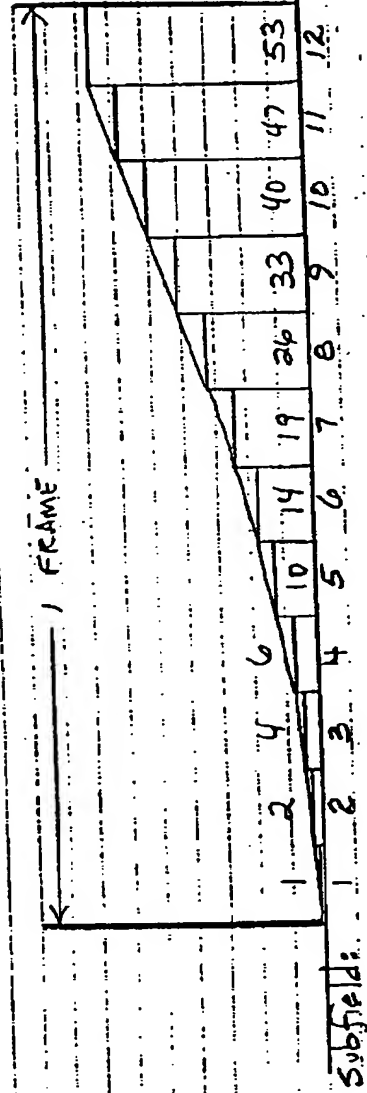


Figure 5: 12 Subfield SF weighting for 2-bit Grayscale

Prior Art

(92)

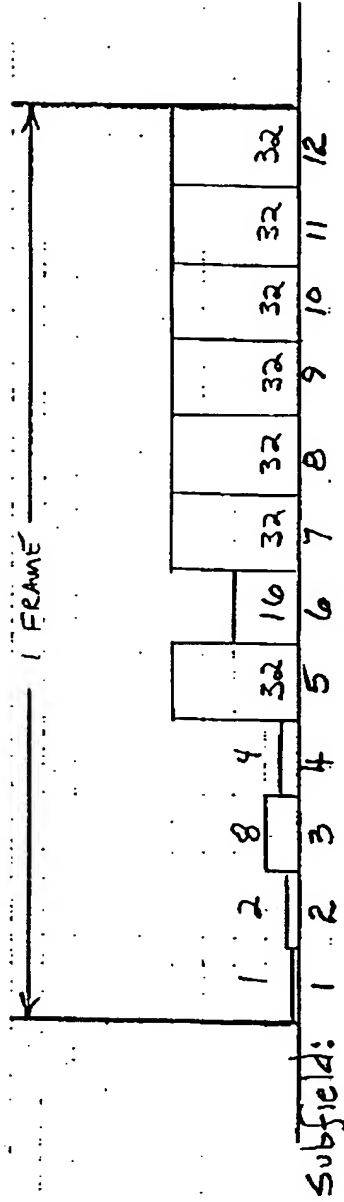
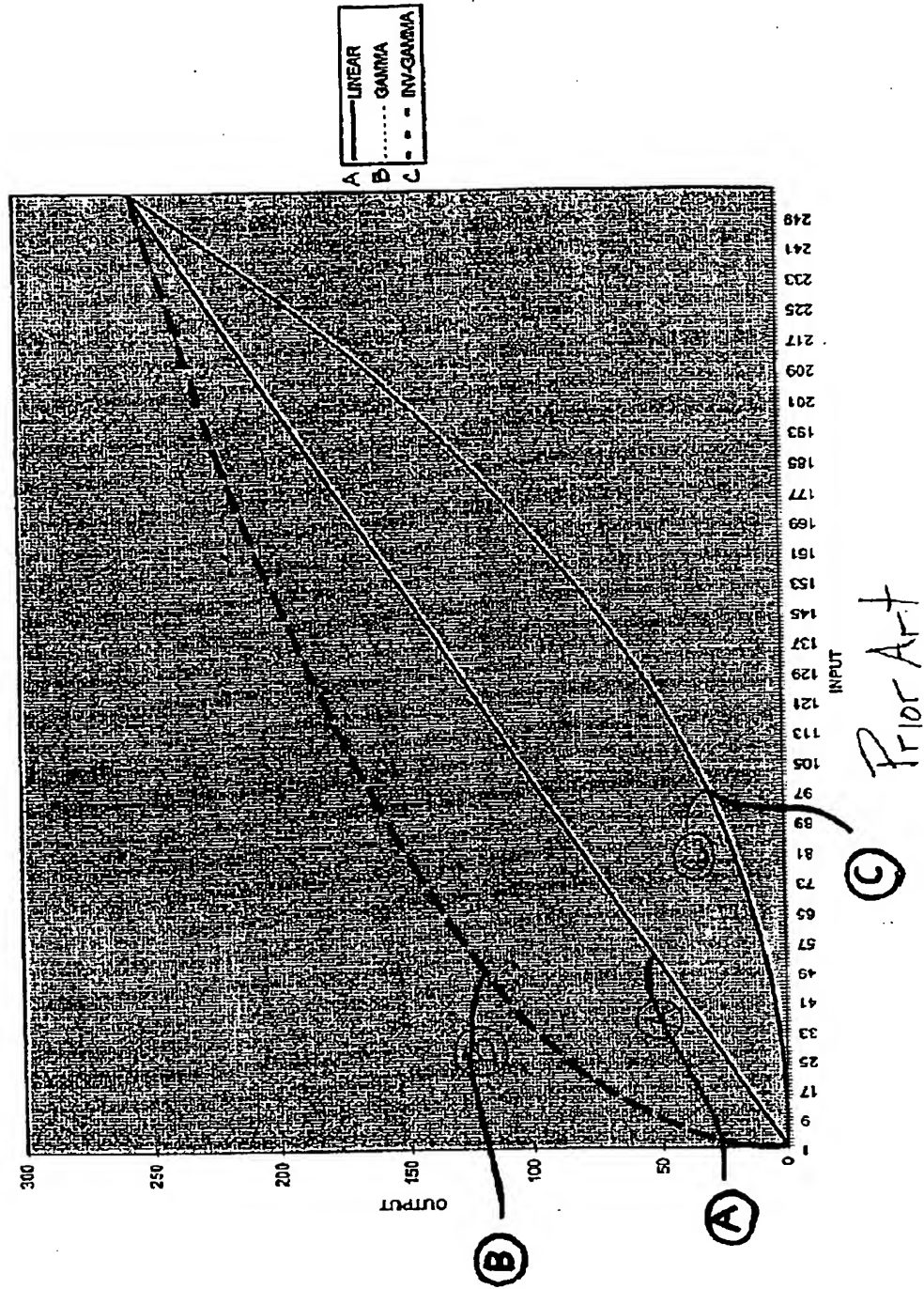


Figure 60 PWM 12 Subfield SP Weighting for 8-bit Grayscale

Prior Art

(93)

Fig. 7 Linear and Gamma Responses



(94)

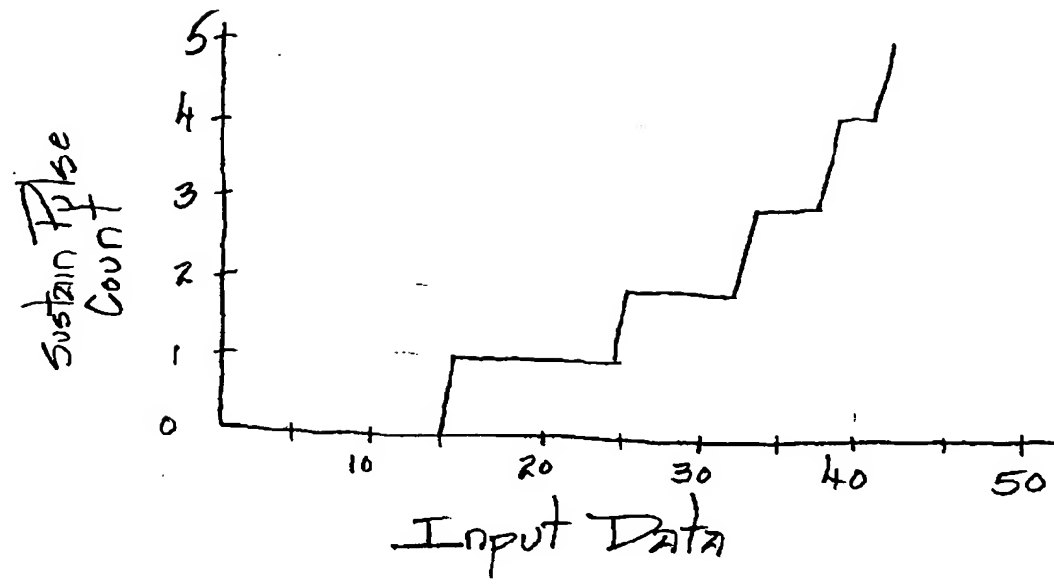


Fig. 8
Prior Art

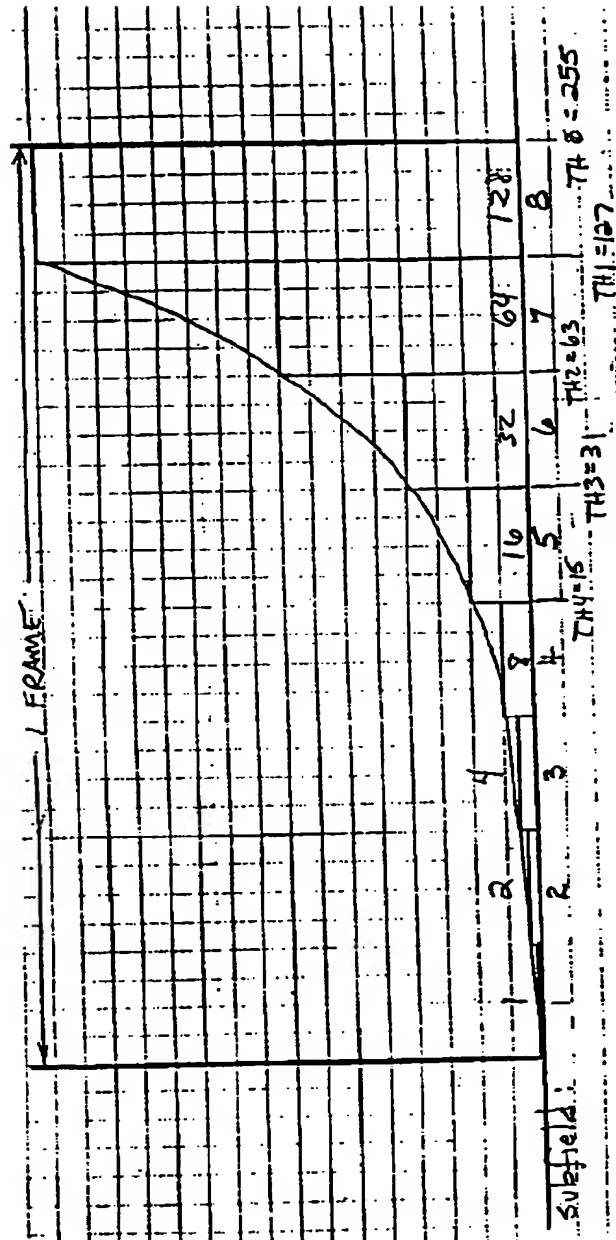


Figure 6 and 8 subject to weighting for 8-bit grayscale

(96)

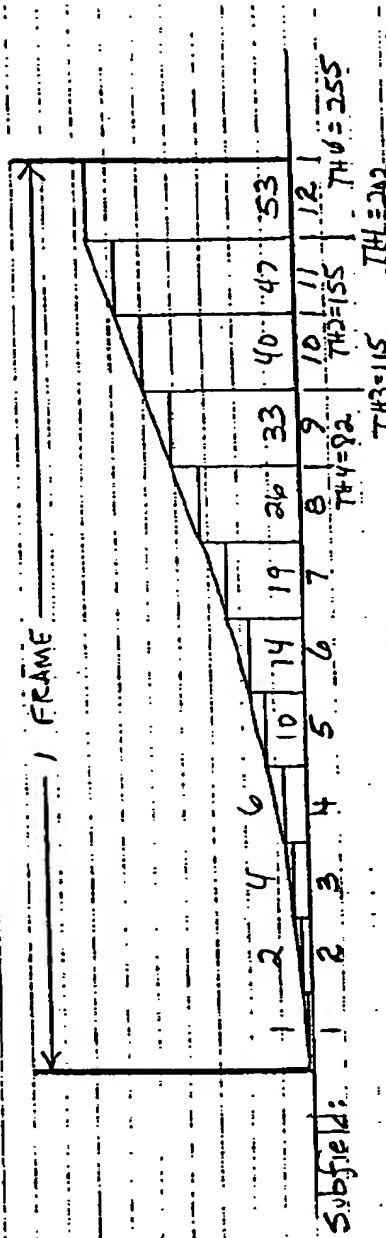


Figure 10: 12 Subfield SF weighting for 2-bit Gray scale

(97)

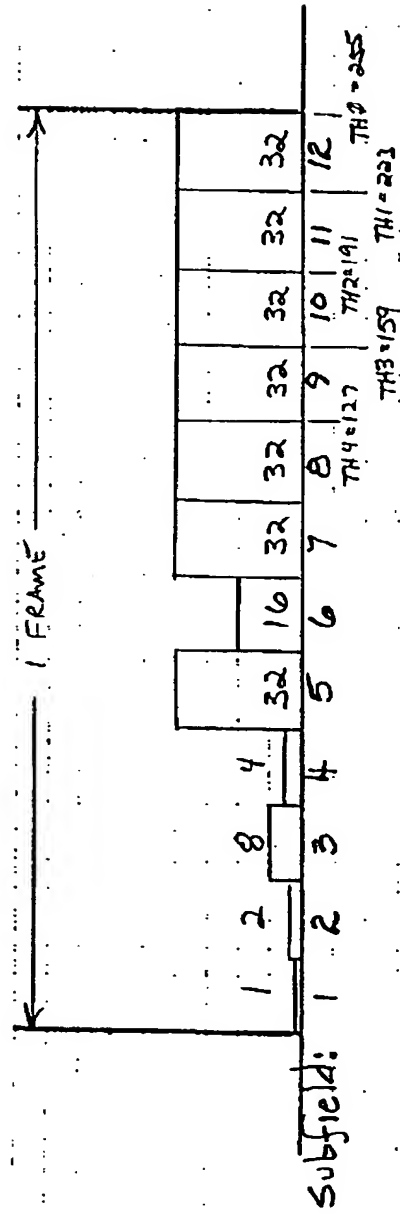
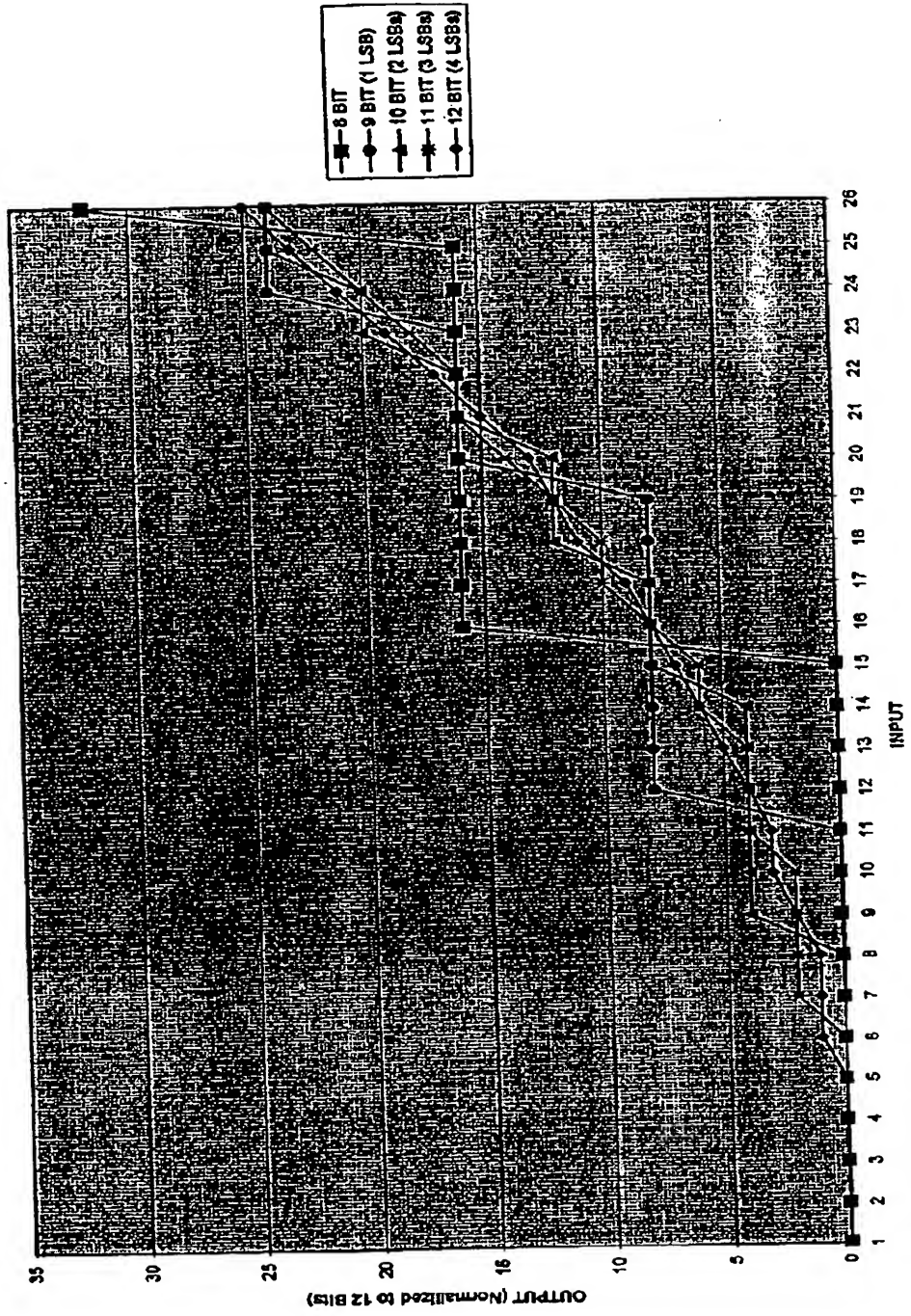


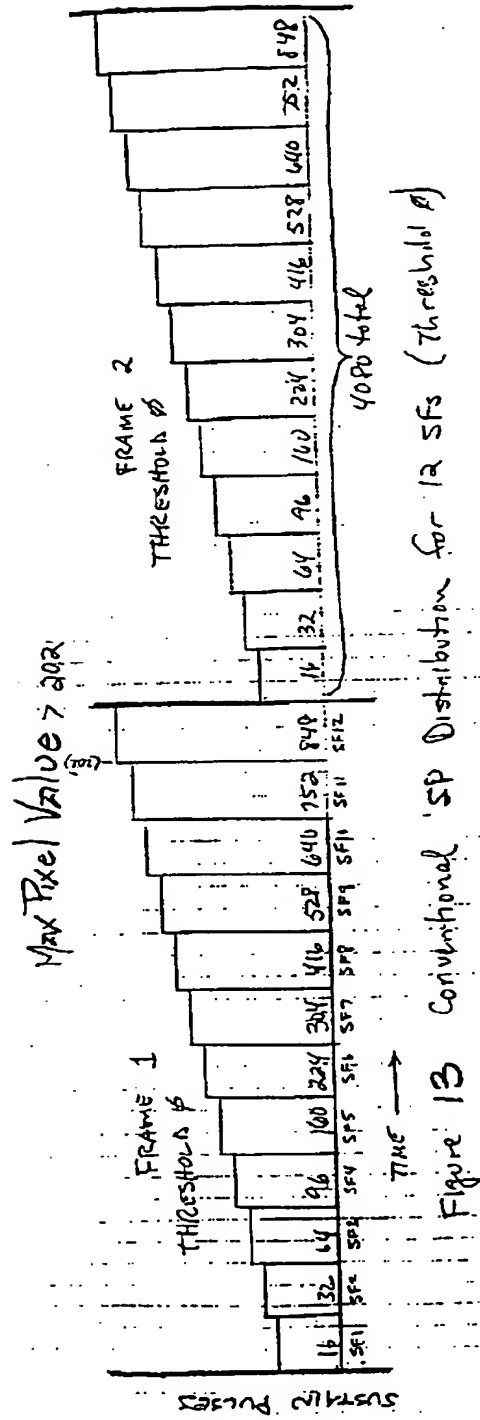
Figure 11 ... PWM 12 subfield SP weighting for 8-bit grayscale

(98)

Fig. 12
8-12 Bit Inverse-Gamma Curves for Input Range 1-26



(99)



(100)

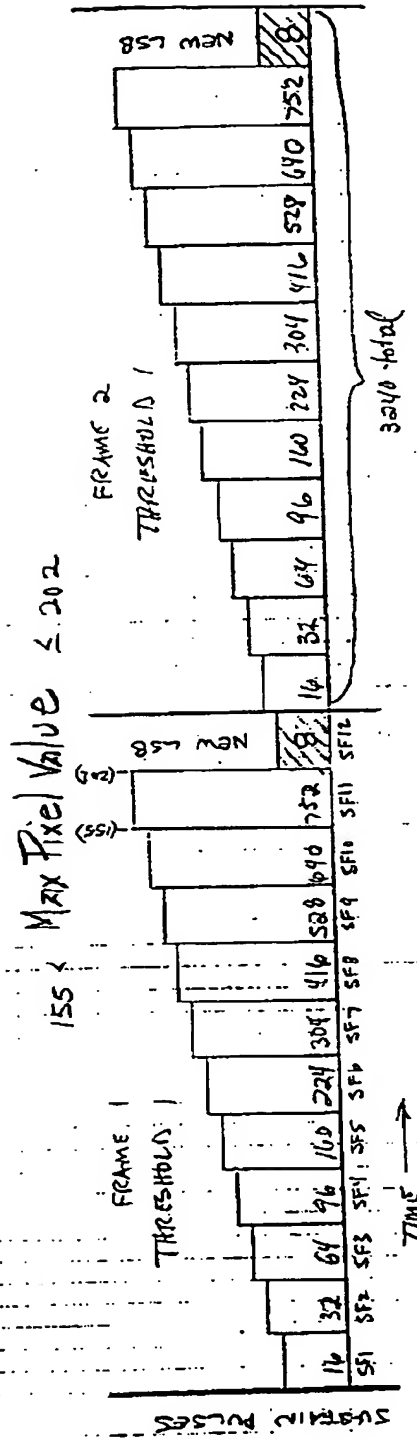


Figure 14 Threshold 1 SP Distribution

(101)

115 < Max Pixel Value ≤ 155

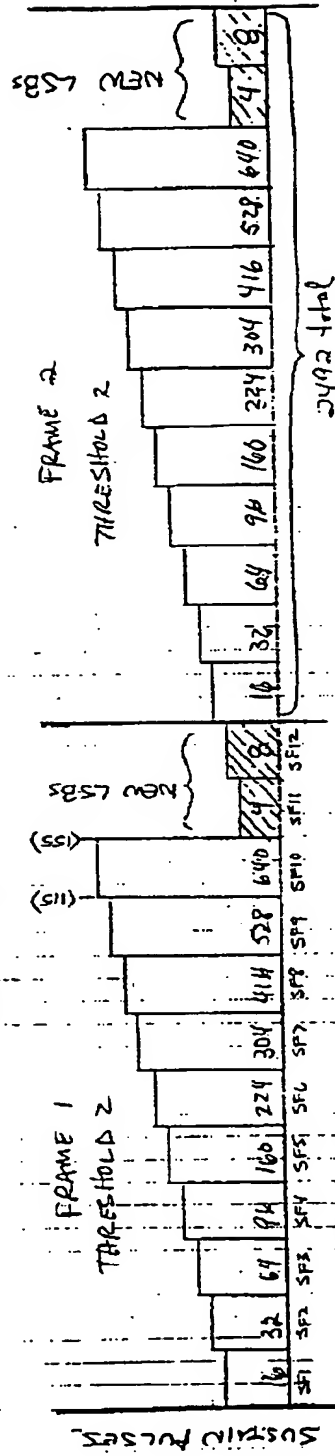
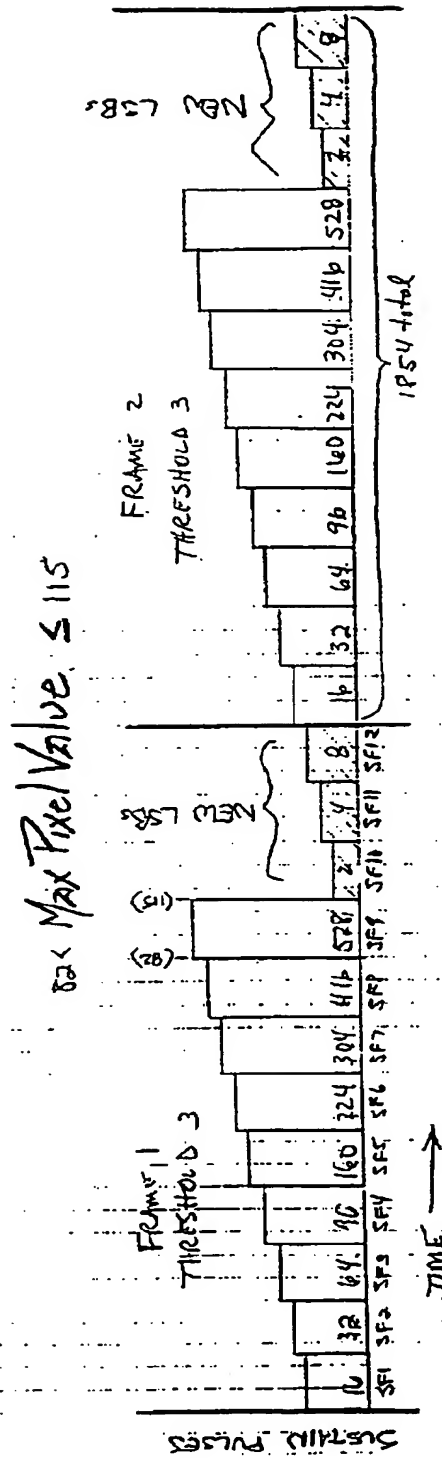
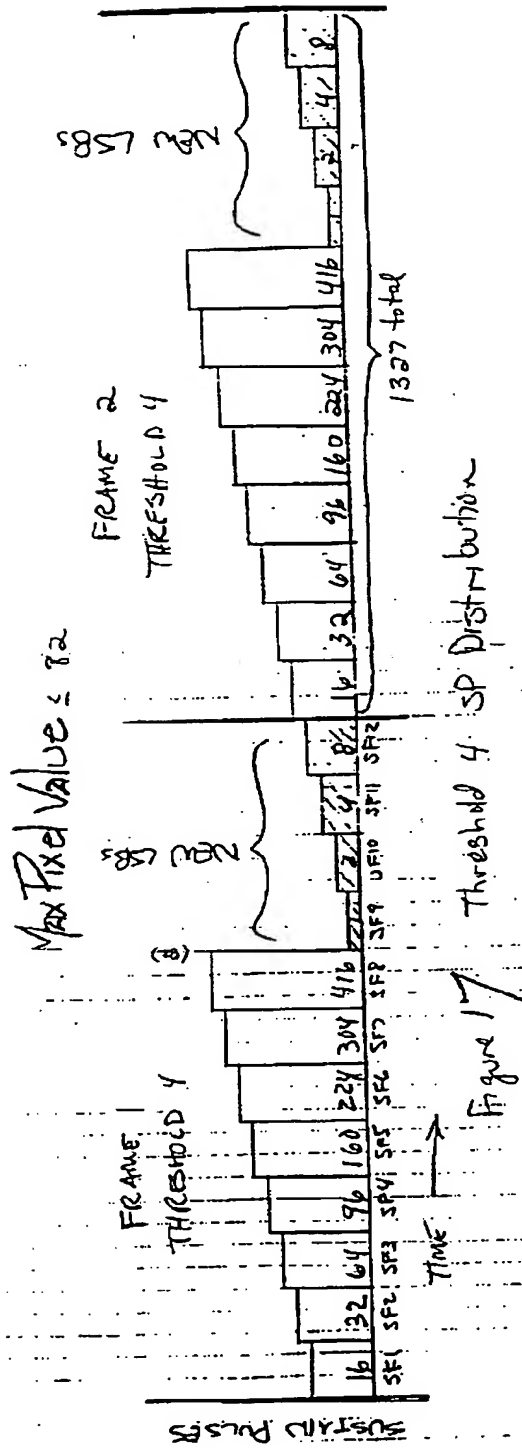


Figure 15 Threshold 2 SP Distribution

(102)



(103)



(104)

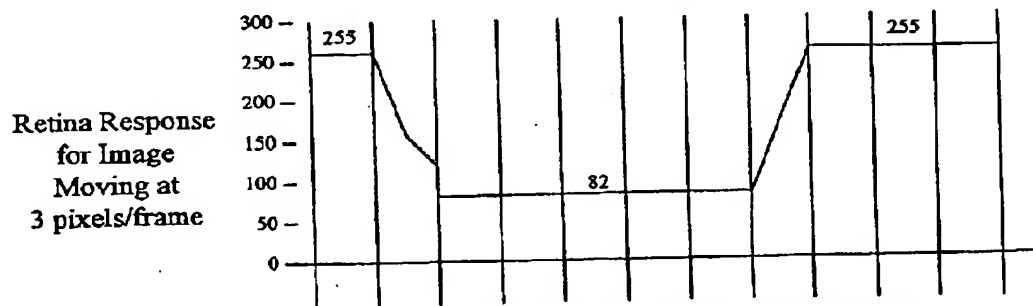
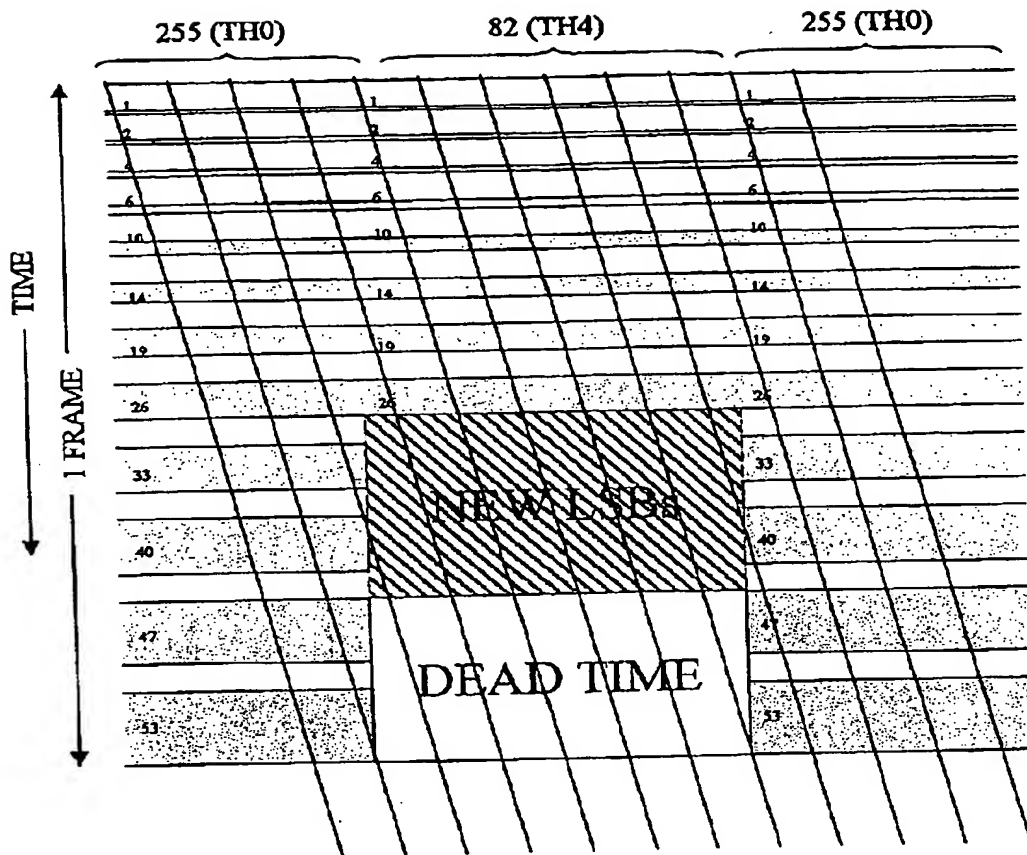


Figure 13 - LSBs Inserted in Place of Unused SFs

(105)

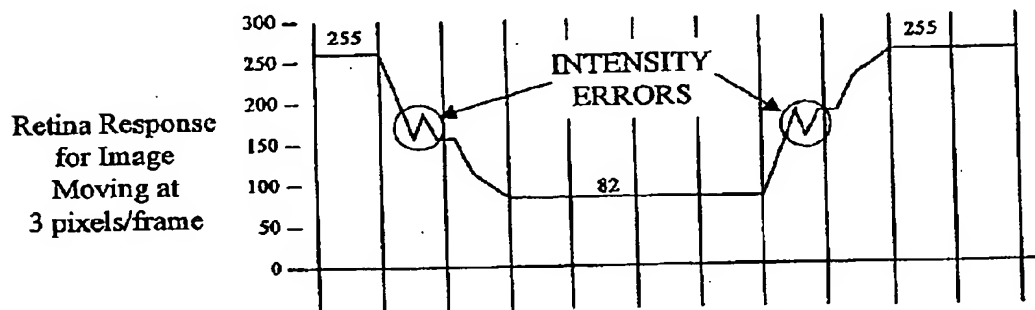
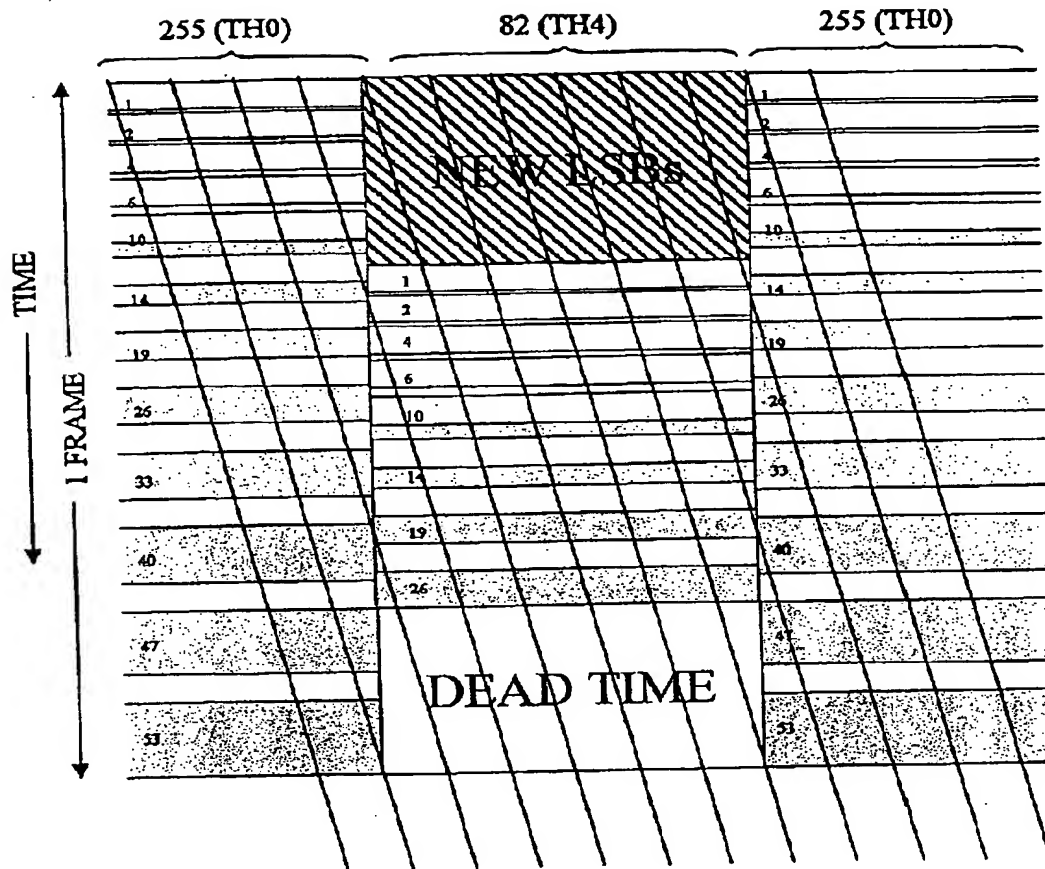


Figure 19 - Shifting SFs Toward End of Frame Before Inserting LSBs at Top of Frame

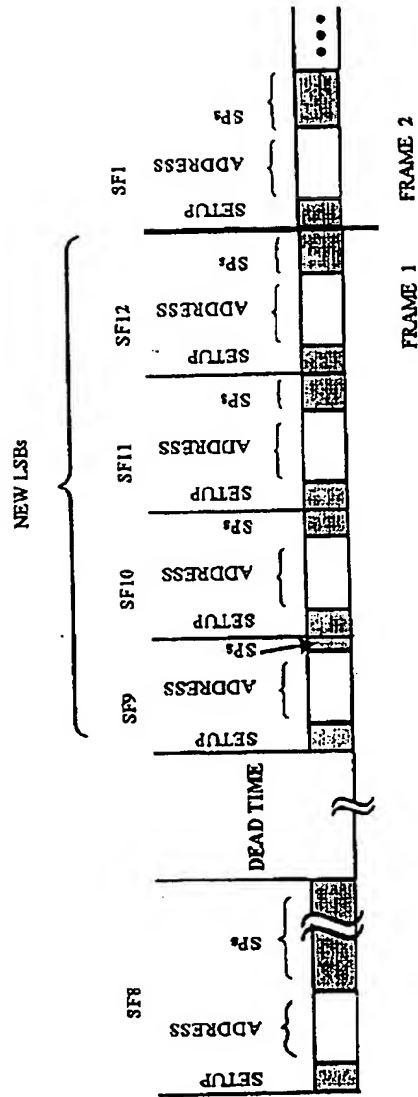


FIGURE 20 DEAD TIME PRECEDES NEW LSBs

(107)

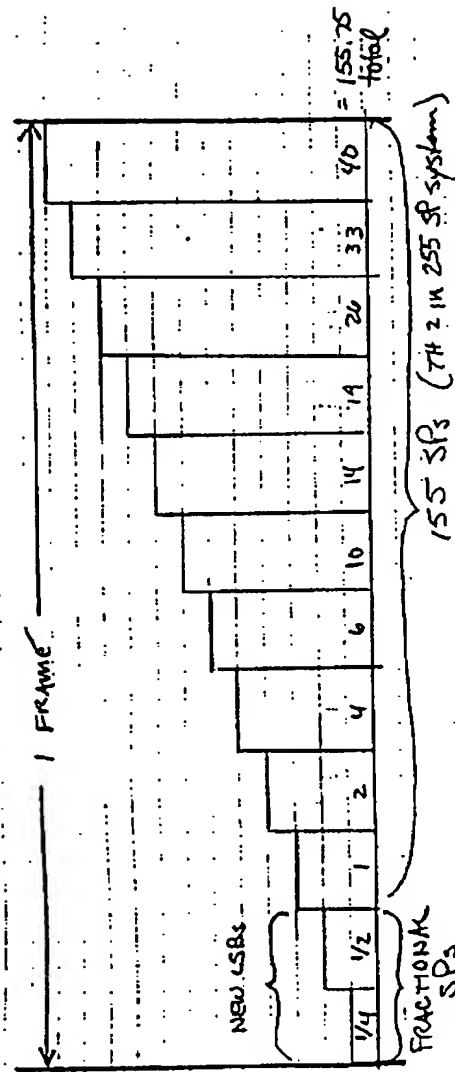


Figure 2.1 Using Fractional SPs to Allow Pseudo 10-bit Grayscale at Threshold 2

(108)

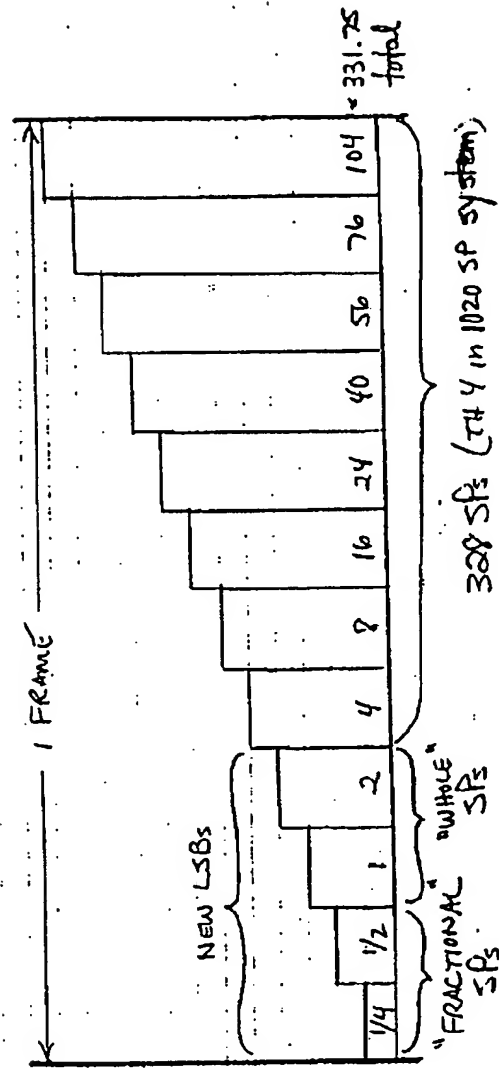


Figure 22 Using Fractional SPs to Allow Pseudo 12-bit Grayscale at Threshold 4

(109)

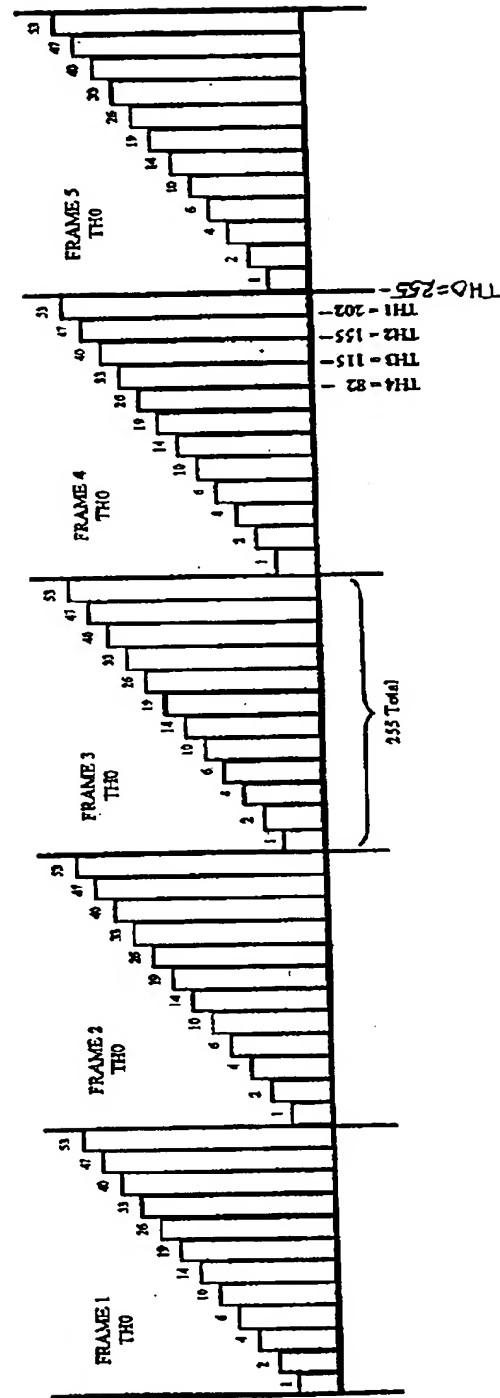


Figure 23 Threshold 0 - Original 12 SF Distribution

(110)

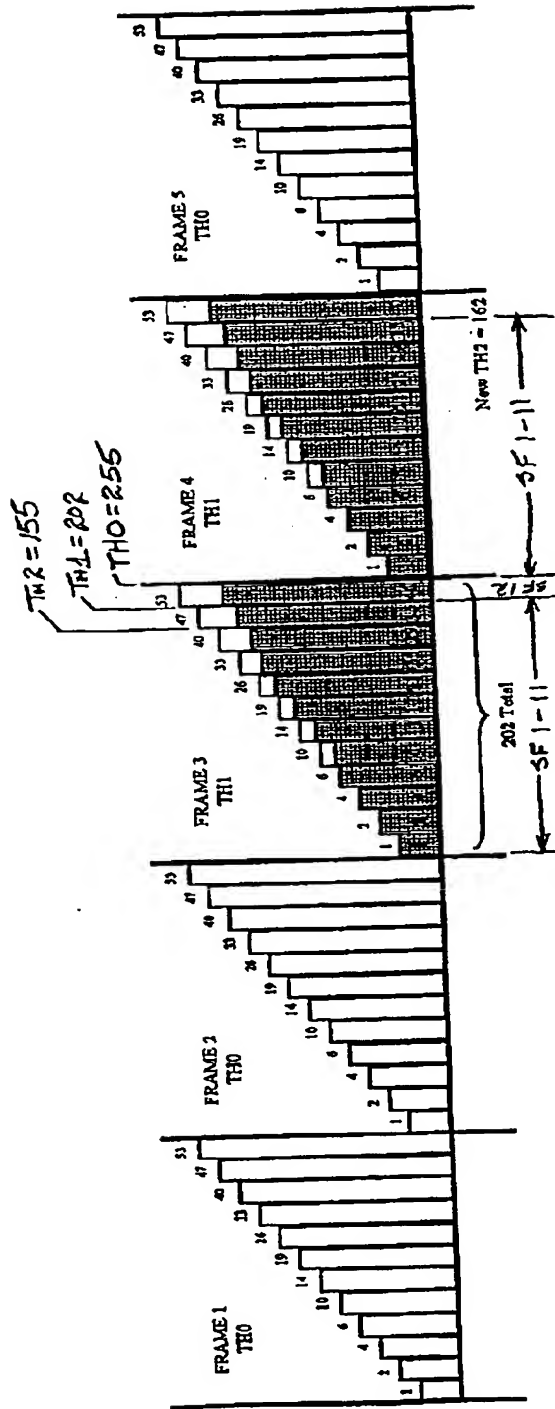


Figure 24 Threshold 1 -- 11 SFs Redistributed over 12 SFs

(111)

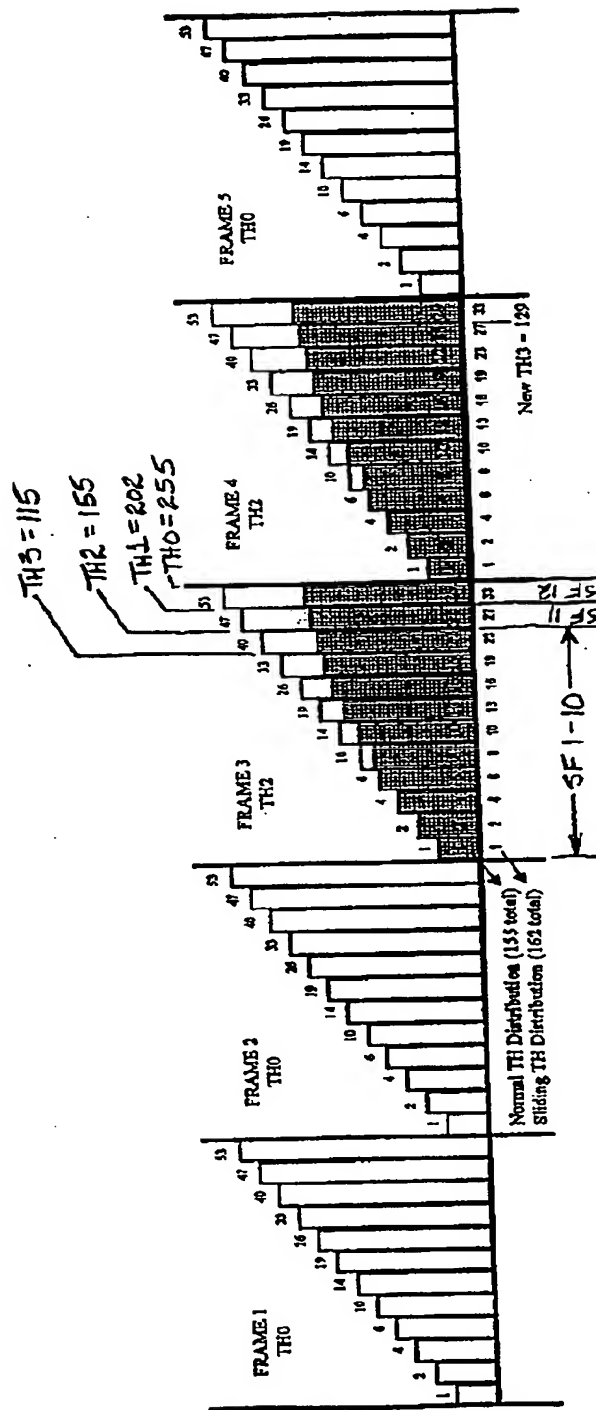


Figure 25 Threshold 2 -- 10 SFs Redistributed over 12 SFs

(112)

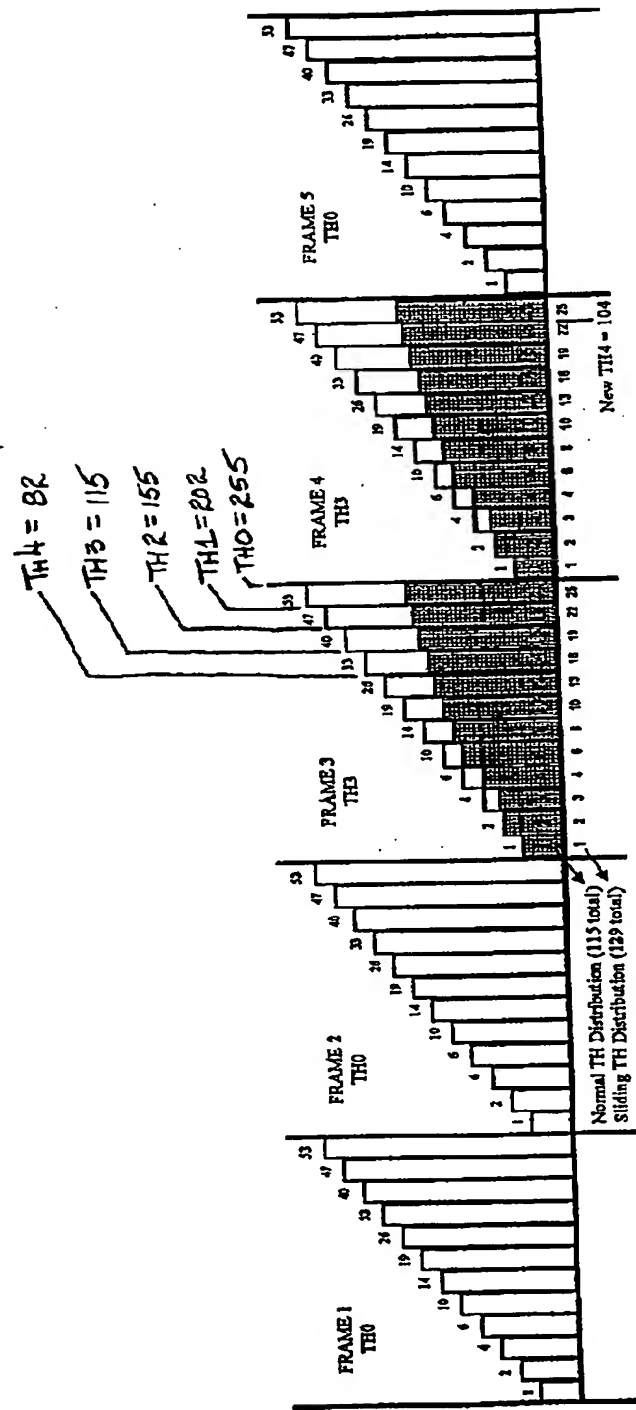


Figure-26 Threshold 3 -- 9 SFs Redistributed over 12 SFs

(113)

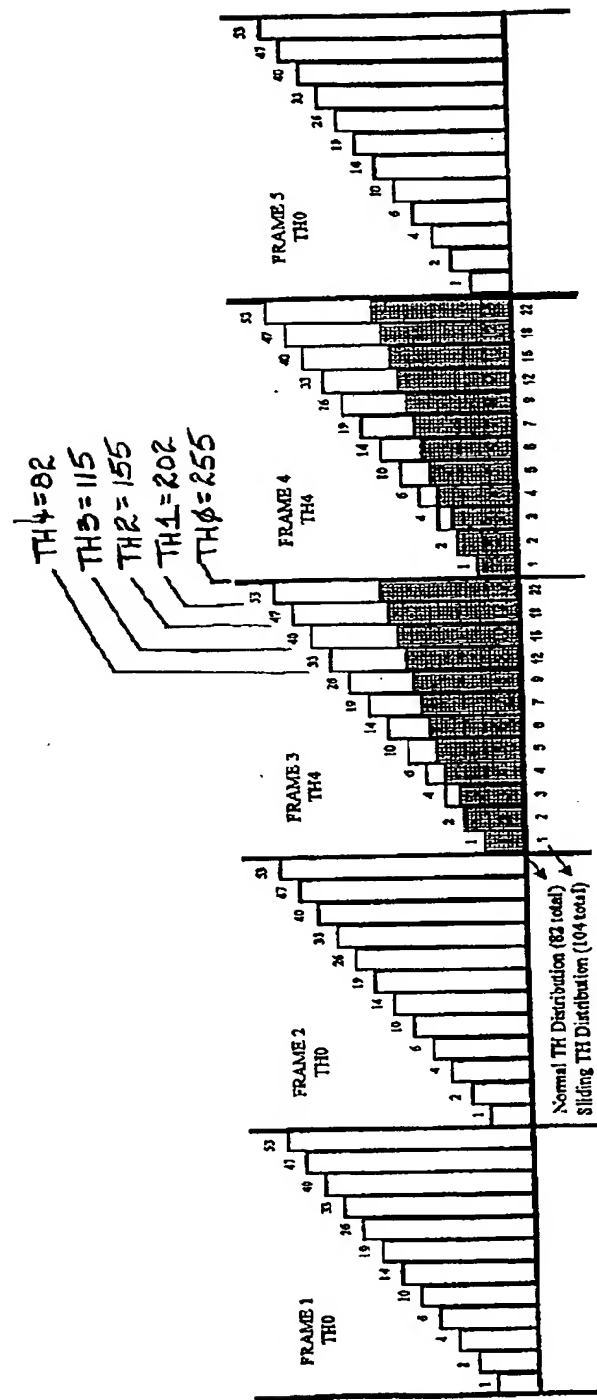


Figure 27 Threshold 4 -- 8 SFs Redistributed over 12 SFs

(114)

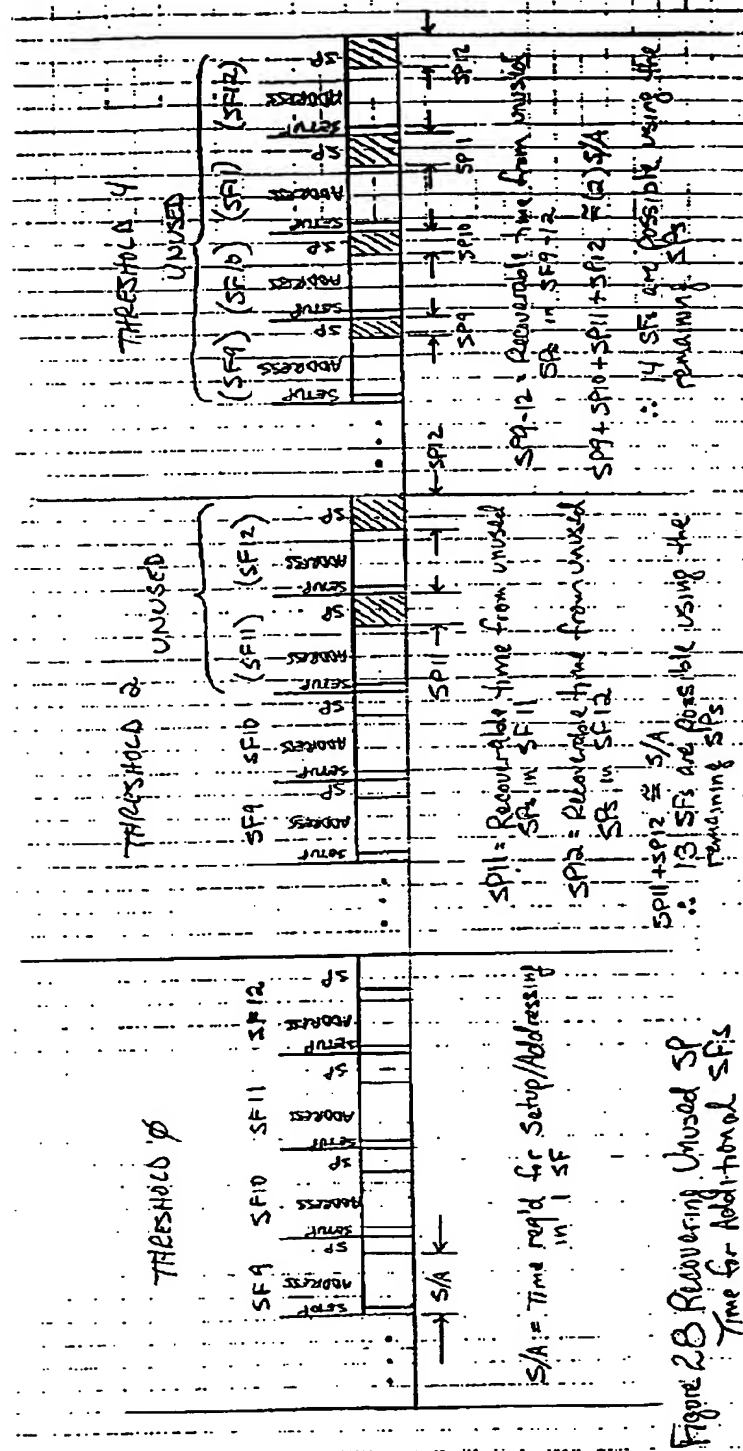


Figure 2B Recovering Unused SP Time for Additional SFs

(115)

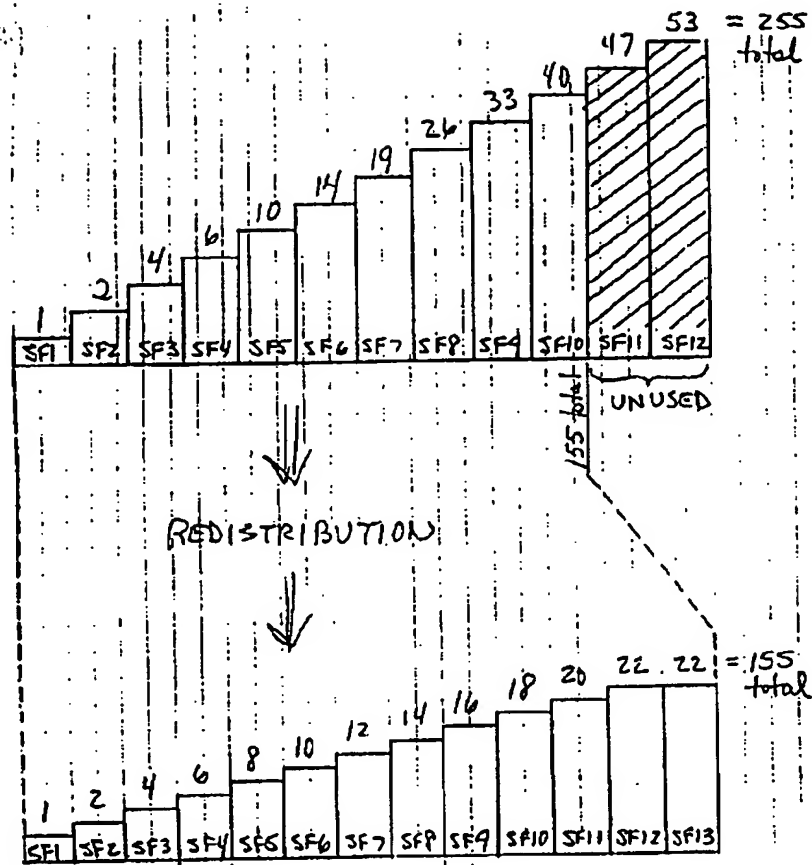


Figure 29 13 SF Redistribution Derived
From 10 SFs Used, 2 Unused.

(116)

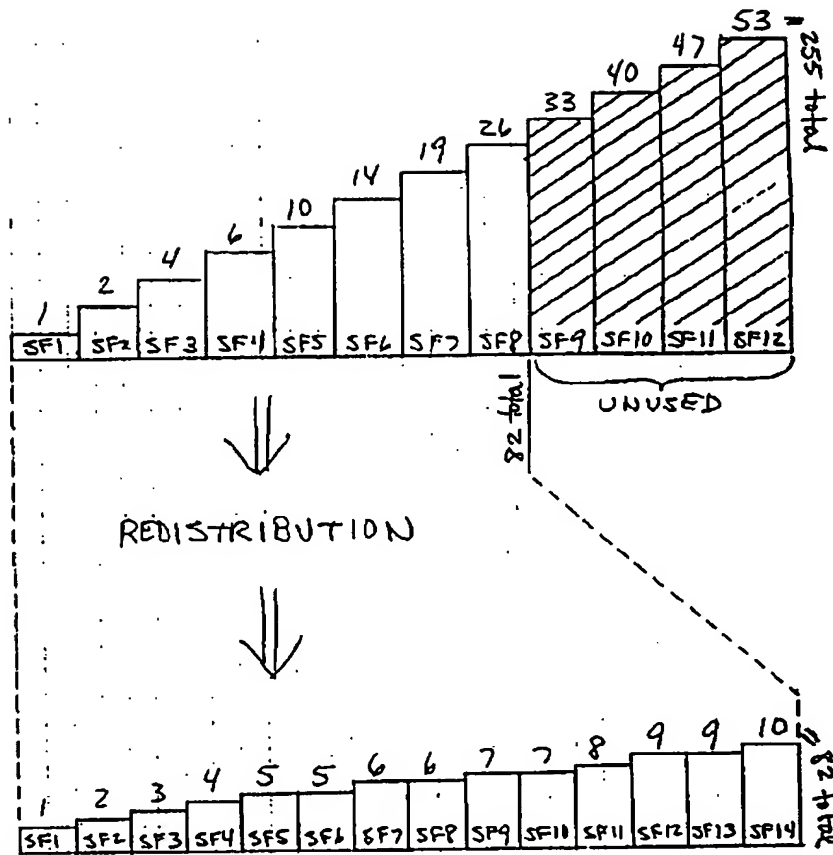


Figure 30. 14: SF Redistribution Derived
From 8 SFs USED, 4 UNUSED

(117)

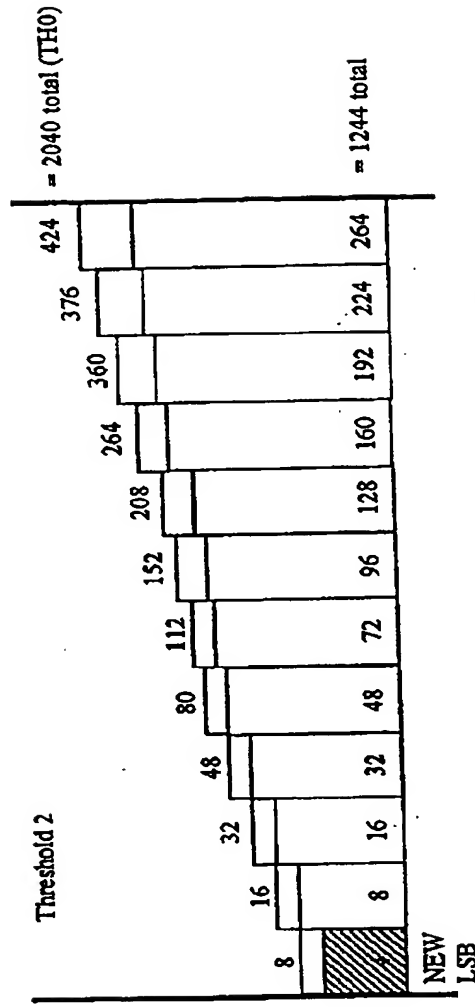


Figure 3 / Threshold 2: 9-bit Grayscale with Redistributed SPs

(118)

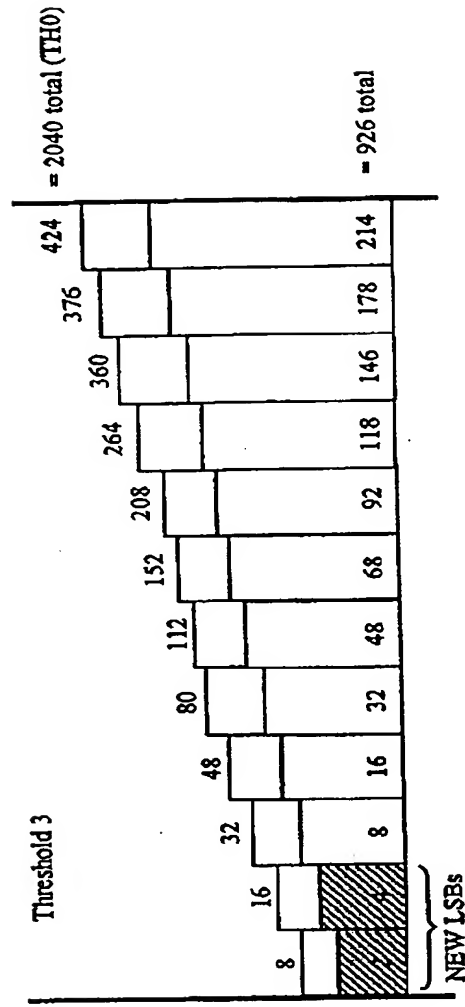


Figure 32 Threshold 3: 10-bit Grayscale with Redistributed SPs

(119)

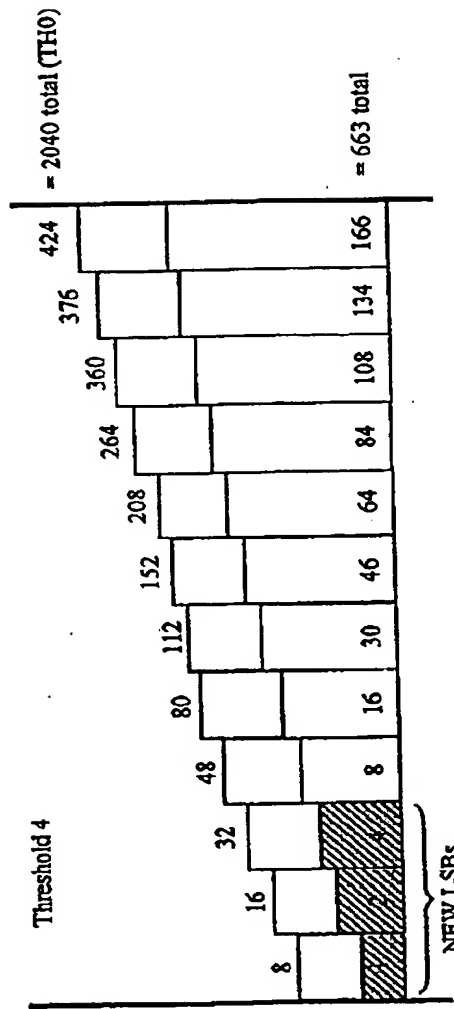
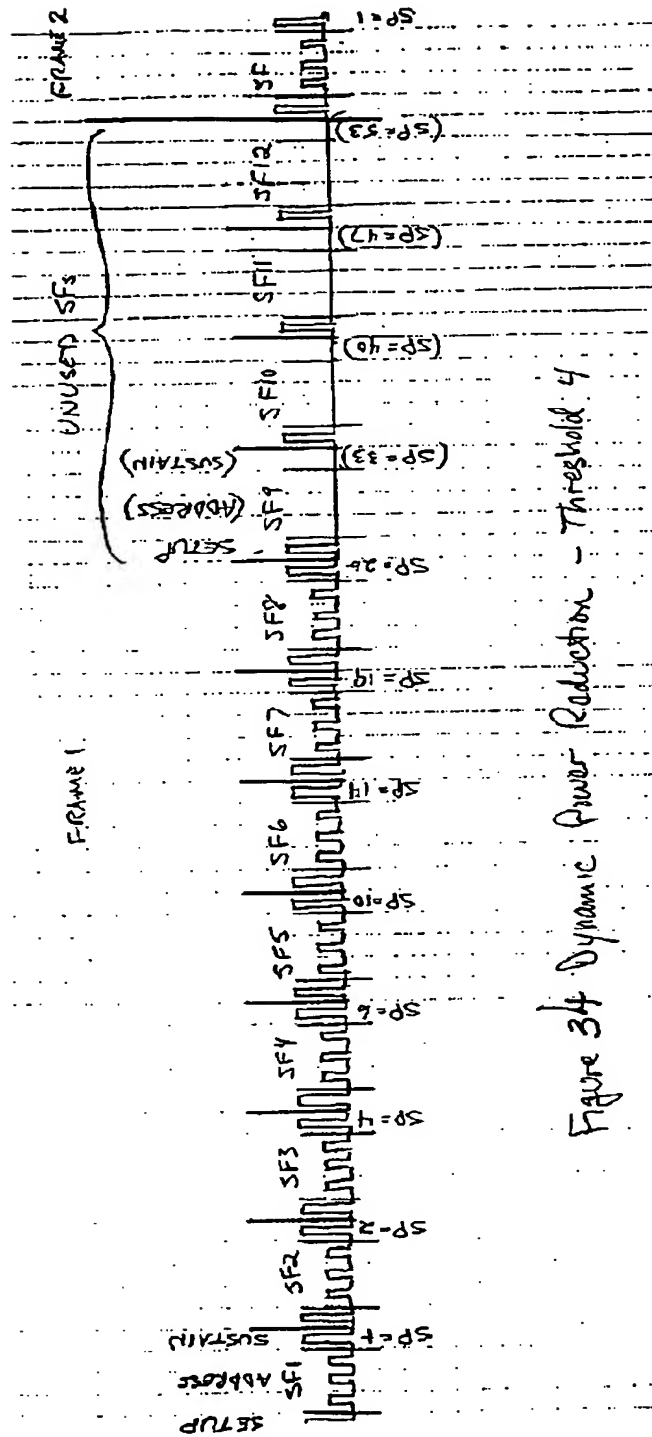


Figure 33 Threshold 4: 11-bit Grayscale with Redistributed SPs

(120)



(121)

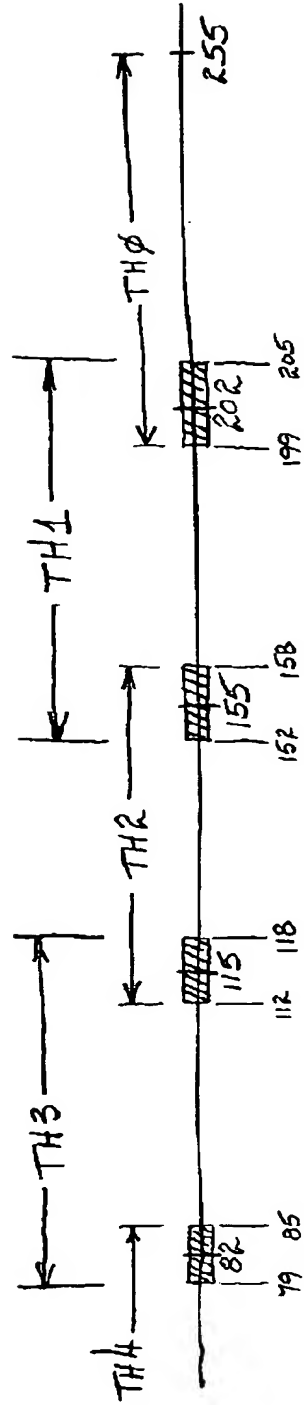


Fig. 35

(122)

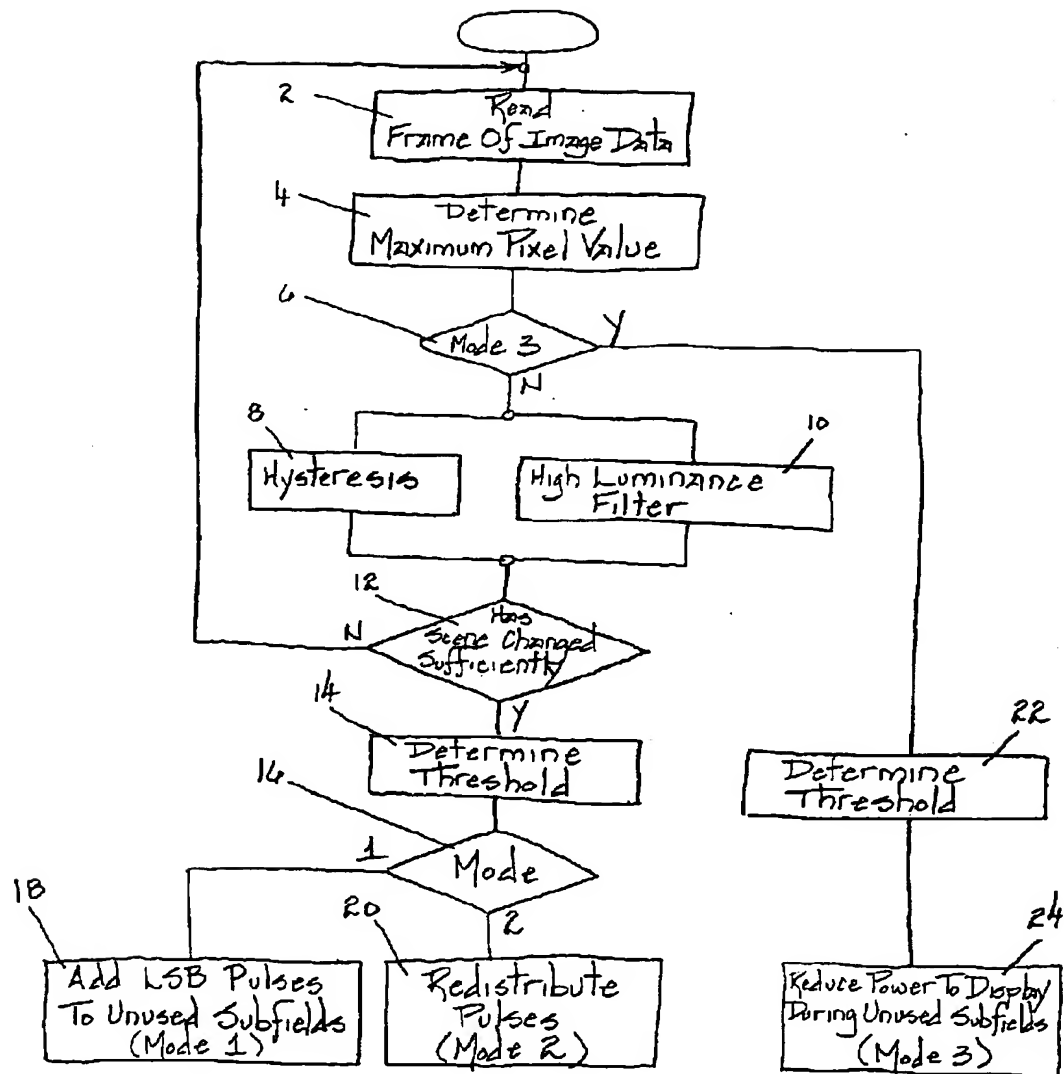


Fig. 36

(123)

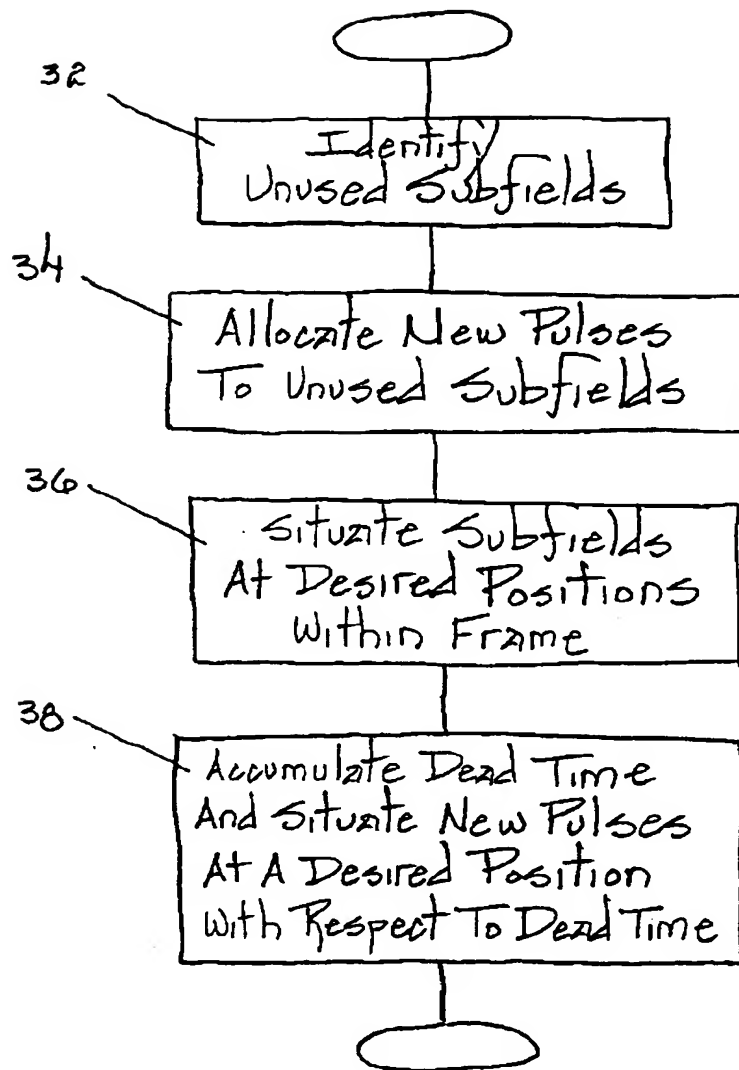


Fig. 37

(124)

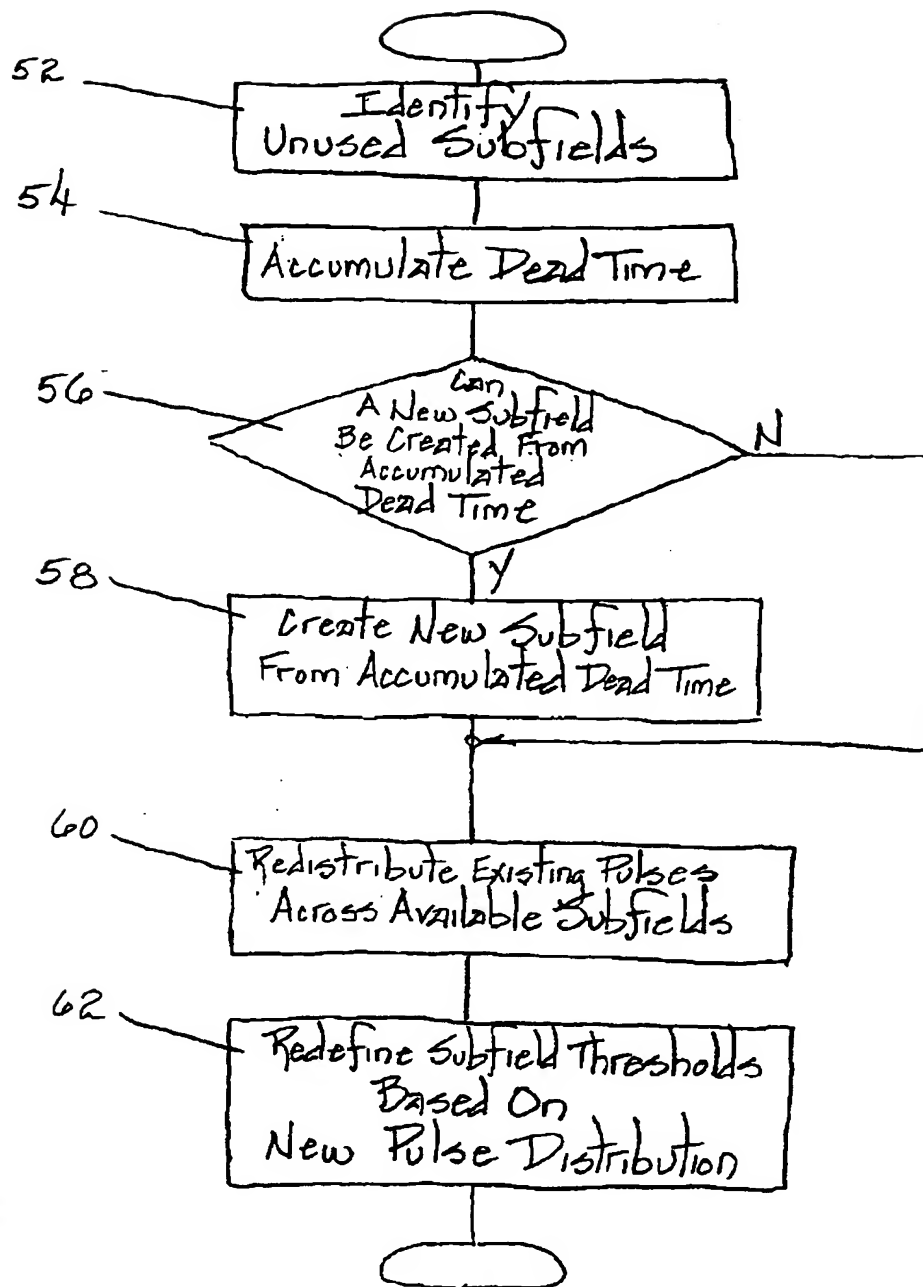


Fig. 38

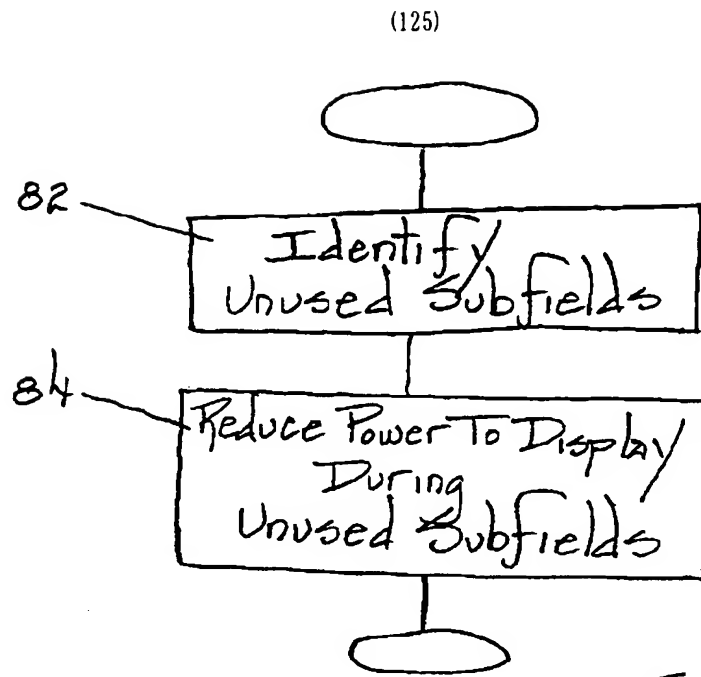
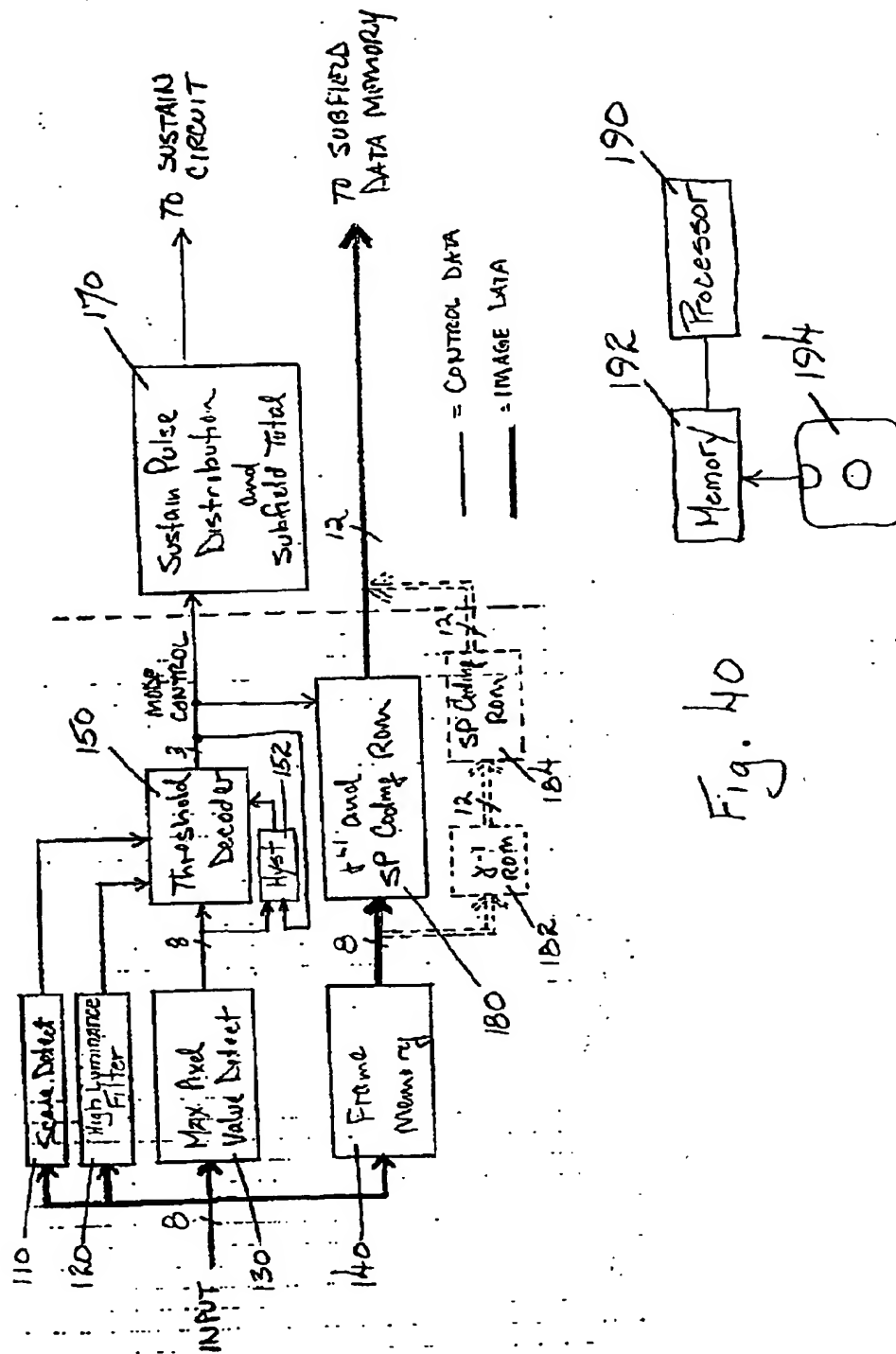


Fig. 39

(126)



(127)

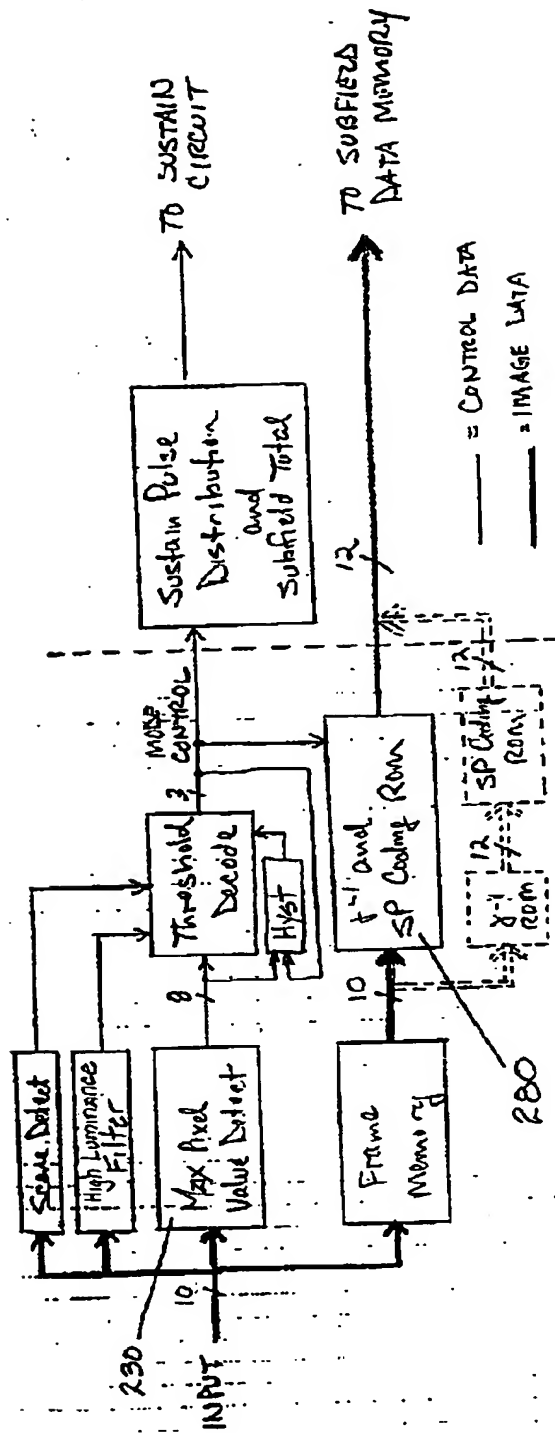
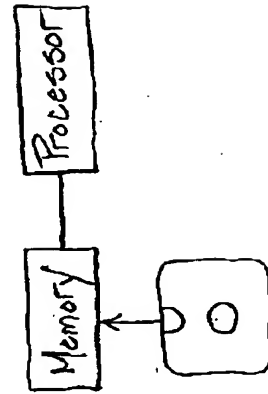


Fig. 41



(128)

ABSTRACT

There is provided a method and system for improving an image on a display that images pixels. Each of the pixels has an intensity represented by a respective pixel value, an intensity of a given pixel being associated with a number of pulses produced within a set of subfields in a frame-time, and the pulses allocated among the set of subfields in accordance with a pulse distribution. The method comprises the steps of determining a maximum pixel value to be imaged during the frame-time, and altering a number of pulses within a given subfield based on the maximum pixel value, thus modifying the pulse distribution. The system is implemented in a circuit that executes the method steps.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-222254
(P2001-222254A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 9 G 3/28		G 0 9 G 3/20	6 1 1 A
3/20	6 1 1		6 4 1 E
	6 4 1		6 4 1 R
H 0 4 N 5/66	1 0 1	H 0 4 N 5/66	1 0 1 C
		G 0 9 G 3/28	K
審査請求 未請求 請求項の数48 O L 外国語出願 (全128頁)			

(21) 出願番号 特願2000-367910(P2000-367910)

(22) 出願日 平成12年12月4日 (2000.12.4)

(31) 優先権主張番号 09/452970

(32) 優先日 平成11年12月2日 (1999.12.2)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 ジェイムズ・ディ・ネッカー

アメリカ合衆国12477ニューヨーク州ソー

ガーティーズ、レッドウッド・ロード30番

(74) 代理人 100062144

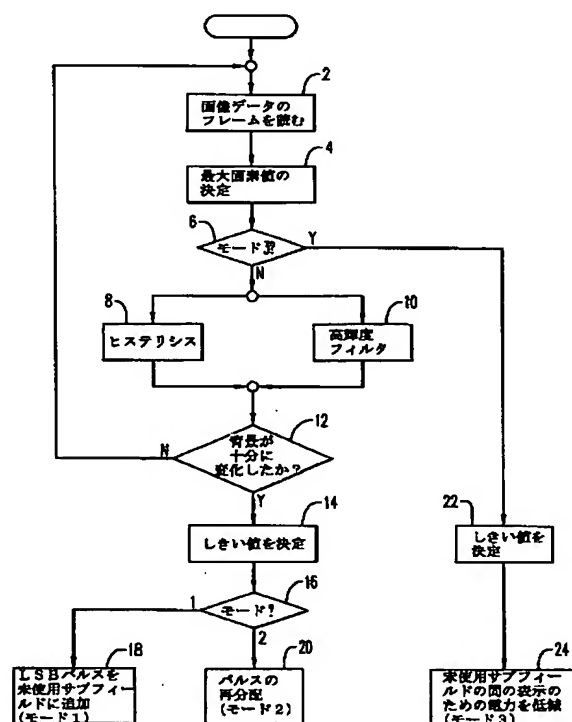
弁理士 青山 稔 (外1名)

(54) 【発明の名称】 デジタル表示装置に対する動的な低レベル解像度の向上と動画擬似輪郭の低減

(57) 【要約】

【課題】 画素を映す表示装置上での画像を改善する方法及びシステムを提供する。

【解決手段】 画素の各々は画素値により表わされる強度を有し、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生成されるパルス数に関連し、パルスはパルス分布にしたがい1組のサブフィールドの間に割り当てられる。本発明の方法は、フレーム時間中に表示される最大画素値を決定し、その最大画素値に基づいて所定のサブフィールド内のパルス数を切り換え、これによりパルス分布を変更する。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 画素を映す表示装置上での画像を改善する方法であって、

上記画素の各々はそれぞれの画素値により表わされる強度を有しており、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連し、それらのパルスはパルス分布にしたがって上記1組のサブフィールドの間に割り当てられており、当該方法は、

上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定するステップと、

該最大画素値に基いて所定のサブフィールド内のパルスの数を切り換えるステップとからなり、これにより上記パルス分布を変更することを特徴とする方法。

【請求項2】 上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した、対応のしきい値を有しており、

上記の切り換えるステップは、上記しきい値と最大画素値間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定するステップを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 上記画素値はNビット値であり、且つ、上記表示装置は上記フレーム時間のQ個のサブフィールドにおいて $P(2^N - 1)$ 個のパルスを生成することが可能であり、Pは0より大きな整数であり、 $Q \geq N$ であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】 上記所定のサブフィールドを上記フレーム時間の所定位置に配置するステップをさらに有することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】 上記切り換えるステップは、新しいパルスを上記所定のサブフィールドに割り当てるステップを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】 上記1組のサブフィールドは最少数のパルスを含み、

上記切り換えるステップは上記所定のサブフィールドに該最少数の2分の1の数の新しいパルスを割り当てることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】 上記所定のサブフィールドにおけるパルスは、所定のサブフィールドでないサブフィールドにおけるパルスの輝度よりも小さい輝度を生じることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】 上記切り換えるステップは、上記所定のサブフィールドに、別のサブフィールドからのパルスを割り当てることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項9】 上記切り換えるステップは、パルスが生成されない時区間であるデッドタイムを積算するステップと、

該デッドタイムを新しいサブフィールドに割り当てるステップと、

2

該新しいサブフィールドを上記フレーム時間内の所定位置に配置するステップとを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項10】 上記切り換えるステップの前に、所定の割合の画像よりも小さい画像を表す画像の高輝度領域に関連した画素の強度を制限するステップをさらに有することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項11】 上記切り換えるステップの前に、上記画像をその前の画像と比較して所定量だけ変化していないときには、上記切り換えるステップを禁止するステップをさらに有することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項12】 上記切り換えるステップの後に、上記変更したパルス分布に基いて上記しきい値を調整するステップをさらに有することを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項13】 上記最大画素値は現在の最大画素値であり、

上記方法は上記しきい値を調整するステップをさらに有し、それにより、後の最大画素値が上記現在の最大画素値から所定量より大きな量だけ変化するまで、上記関係が維持されるようにすることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項14】 デッドタイムはパルスが生成されない時区間であり、上記切り換えるステップはデッドタイムが上記フレーム時間内の所定位置に位置するように新しいパルスを配置するステップを含むことを特徴とする請求項5記載の方法。

【請求項15】 画素を映す表示装置により消費される電力を低減する方法であって、

所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連しており、当該方法は、上記所定の画素の強度を生成するために上記パルスのいずれも印加されることがない所定のサブフィールドに対し、該サブフィールド間での表示に対する電力を低減するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項16】 上記画素の各々はそれぞれの画素値により表される強度を有し、上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した、対応のしきい値を有し、上記方法は、上記削減するステップの前にさらに、

上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定するステップと、

上記しきい値と上記最大画素値との間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定するステップとを含むことを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項17】 プロセッサを制御する命令を含む記録媒体において、

該プロセッサは画素を映す表示装置上での画像を改善

(3)

3

し、上記画素の各々はそれぞれの画素値により表される強度を有し、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連し、それらのパルスはパルス分布にしたがい上記1組のサブフィールドの間に割り当てられており、当該記録媒体は、

上記プロセッサを上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定するように制御する手段と、

上記プロセッサを上記最大画素値に基いて、所定のサブフィールド内のパルスの数を切り換え、これにより上記パルス分布を変更するように制御する手段とを備えたことを特徴とする記録媒体。

【請求項18】 上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した、対応のしきい値を有し、

上記の記録媒体は、上記プロセッサを上記しきい値と最大画素値との間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定するように制御する手段を含むことを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項19】 上記画素値はNビット値であり、且つ、上記表示装置は上記フレーム時間のQ個のサブフィールドにおいて $P(2^N - 1)$ 個のパルスを生成することが可能であり、Pは0より大きな整数であり、 $Q \geq N$ であることを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項20】 上記所定のサブフィールドを上記フレーム時間の所定位置に配置するように上記プロセッサを制御する手段をさらに有することを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項21】 新しいパルスを上記所定のサブフィールドに割り当てるように上記プロセッサを制御する手段をさらに有することを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項22】 上記1組のサブフィールドは最少数のパルスを含み、

上記記録媒体は、上記最少数の2分の1の数の新しいパルスを上記所定のサブフィールドに割り当てるように上記プロセッサを制御する手段を含むことを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項23】 上記所定のサブフィールドにおけるパルスは、所定のサブフィールドでないサブフィールドにおけるパルスの輝度よりも小さい輝度を生じることを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項24】 上記所定のサブフィールドに別のサブフィールドからのパルスを割り当てるように上記プロセッサを制御する手段をさらに有することを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項25】 パルスが生成されない時区間であるデッドタイムを積算するように上記プロセッサを制御する手段と、

4

該デッドタイムを新しいサブフィールドに割り当てるように上記プロセッサを制御する手段と、

該新しいサブフィールドを上記フレーム時間内の所定位置に配置するように上記プロセッサを制御する手段とを含むことを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項26】 所定の割合の上記画像よりも小さい画像を表す画像の高輝度領域に関連した画素の強度を制限するように上記プロセッサを制御する手段をさらに有することを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

10 【請求項27】 画像をその前の画像と比較したときに所定量だけ変化していない場合には、上記サブフィールドにおけるパルスの数の切り換えを禁止するように上記プロセッサを制御する手段をさらに含むことを特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項28】 上記変更したパルス分布に基いて上記しきい値を調整するように上記プロセッサを制御する手段をさらに有することを特徴とする請求項18記載の記録媒体。

20 【請求項29】 上記最大画素値は現在の最大画素値であり、

上記記録媒体はさらに、後の最大画素値が上記現在の最大画素値から所定量より大きな量だけ変化するまで上記関係が維持されるように上記しきい値を調整するように、上記プロセッサを制御する手段を有することを特徴とする請求項18記載の記録媒体。

【請求項30】 デッドタイムはパルスが生成されない時区間であり、上記記録媒体はさらに、デッドタイムが上記フレーム時間の所定位置に位置するように新しいパルスを配置するように上記プロセッサを制御する手段を含むことを特徴とする請求項21記載の記録媒体。

30 【請求項31】 プロセッサを制御する命令を含む記録媒体であって、該プロセッサは、画素を映す表示装置により消費される電力を低減し、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連しており、

上記記録媒体は、上記所定の画素の強度を生成するために上記パルスのいずれも印加されない所定のサブフィールド中の表示に対する電力を低減するように上記プロセッサを制御する手段を含むことを特徴とする記録媒体。

40 【請求項32】 上記各画素はそれぞれの画素値により表される強度を有し、上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した対応するしきい値を有しており、上記記録媒体は、

上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定するように上記プロセッサを制御する手段と、

上記しきい値と上記最大画素値との間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定するように上記プロセッサを制御する手段とを含むことを特徴とする請求項31記載の記録媒体。

50

(4)

5

【請求項33】 画素を映す表示装置の画像品質を改善するシステムであって、

上記画素の各々はそれぞれの画素値により表わされる強度を有し、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連し、それらのパルスはパルス分布にしたがい上記の1組のサブフィールドの間に割り当てられており、当該システムは、

上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定する手段と、

上記最大画素値に基いて所定のサブフィールド内のパルスの数を切り換える手段とからなり、それにより上記パルス分布を変更することを特徴とするシステム。

【請求項34】 上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した、対応のしきい値を有し、

上記の切り換える手段は、上記しきい値と最大画素値との間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定することを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項35】 上記画素値はNビット値であり、且つ、上記表示装置は上記フレーム時間のQ個のサブフィールドにおいて $P(2^N - 1)$ 個のパルスを生成することが可能であり、Pは0より大きな整数であり、 $Q \geq N$ であることを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項36】 上記所定のサブフィールドを上記フレーム時間内の所定位置に配置する手段をさらに有することを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項37】 上記切り換える手段は、新しいパルスを上記所定のサブフィールドに割り当ててことを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項38】 上記1組のサブフィールドは最少数のパルスを含み、

上記切り換える手段は、上記最少数の2分の1の数の新しいパルスを上記所定のサブフィールドに割り当ててことを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項39】 上記所定のサブフィールドにおけるパルスは、所定のサブフィールドでないサブフィールドにおけるパルスの輝度よりも小さい輝度を生じることを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項40】 上記切り換える手段は、上記所定のサブフィールドに、別のサブフィールドからのパルスを割り当ててことを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項41】 上記切り換える手段は、パルスが生成されない時区間であるデッドタイムを積算する手段と、該デッドタイムを新しいサブフィールドに割り当てて手段と、

該新しいサブフィールドを上記フレーム時間内の所定位置に配置する手段とを含むことを特徴とする請求項33

6

記載のシステム。

【請求項42】 所定の割合の上記画像よりも小さい画像を表す上記画像の高輝度領域に関連した画素の強度を制限する手段をさらに有することを特徴とする請求項33記載のシステム。

【請求項43】 上記画像がその前の画像と比較して所定量だけ変化していないときに上記切り換える手段の動作を抑制する手段をさらに有することを特徴とする請求項33記載のシステム。

10 【請求項44】 上記変更したパルス分布に基いて上記しきい値を調整する手段をさらに有することを特徴とする請求項34記載のシステム。

【請求項45】 上記最大画素値は現在の最大画素値であり、

上記システムは上記しきい値を調整する手段をさらに有し、それにより、後の最大画素値が上記現在の最大画素値から所定量より大きな量だけ変化するまで、上記関係が維持されるようにすることを特徴とする請求項34記載のシステム。

20 【請求項46】 デッドタイムはパルスが生成されない時区間であり、上記切り換える手段はデッドタイムが上記フレーム時間内の所定位置に位置するように新しいパルスを配置することを特徴とする請求項37記載のシステム。

【請求項47】 画素を映す表示装置により消費される電力を低減するシステムであって、

所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連しており、当該システムは、上記所定の画素の強度を生成するために上記パルスのいずれも印加されない所定のサブフィールドに対し、そのサブフィールド中の表示に対する電力を低減する手段を含むことを特徴とするシステム。

30 【請求項48】 上記各画素はそれぞれの画素値により表される強度を有し、上記所定のサブフィールドは上記フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連した対応するしきい値を有し、上記システムはさらに、上記フレーム時間中に表示される最大画素値を決定する手段と、

40 上記しきい値と上記最大画素値との間の関係に基いて上記所定のサブフィールドを特定する手段とを含むことを特徴とする請求項47記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はビデオ表示装置に関し、特に、パルス分布機能に基いて1フレームの画像のサブフィールドにおいて発生したパルスにより画素が発光する表示装置の画像品質を改善するための方法及びシステムに関する。フレームにおいて表示される最大画素値が決定され、パルス分布がその画素値に基いて変更さ

50

(5)

7

れる。本発明は特にプラズマ表示パネルの利用に好適である。

【0002】

【従来の技術】交流（AC）プラズマディスプレイパネル（PDP）のようなデジタルディスプレイが、テレビ放送、特に今後出現するデジタルテレビやハイビジョンテレビ（DTV/HD TV）フォーマットに関するテレビ放送を見るための魅力的な選択枝として発展してきた。従来の陰極管（CRT）は確立された高画質を有するが、PDPはそれと同様の画質を達成し、広い範囲で消費者に受け入れられるように奮闘中である。

【0003】PDPすなわちガス放電パネルは当該技術分野では周知であり、一般に、それぞれが列電極と行電極とを支持する一対の基板を含む構造を有する。各基板は誘電体層によりコーティングされ、その間にギャップが設けられるように隔離された関係で平行に配置される。ギャップにはイオン化可能なガスが密閉されている。それらの基板は電極が互いに直交するように配置され、それによって、選択的に放電が確立されて所望の蓄電や表示機能がそこで実現される放電画素サイトを定義する交点を定義する。

【0004】そのようなパネルがAC電圧により操作され、特に、選択された行と列電極により定義されるように、点火電圧を超える書き込み電圧が所定の放電サイトに供給され、それにより選択されたセルで放電が発生することは周知である。放電は交流の維持電圧を印加することにより連続して「維持（sustain）」することができる。維持電圧はそれ自身によっては、放電を開始するには十分ではない。その技術は、基板の誘電体層に発生する壁電荷に依存している。壁電荷は維持電圧と関連して、放電を連続して維持するよう作用する。

【0005】図1に、全色のACプラズマパネルの構造の概略が示されている。プラズマパネル410は背面基板412を含み、後方基板412の上には複数の列アドレス電極414が支持されている。列アドレス電極414はバリヤリブ416により分離され、赤、緑、青の燐光体418、420、422の各々により覆われている。正面の透明基板424は、画素サイトの行毎に一対の維持電極426と428を含む。誘電体層430は正面基板424上に取り付けられ、また、マグネシウム酸化保護膜層432が、維持電極426、428の全てを含んで、誘電体層430のより低い側の表面全体を覆っている。

【0006】図1の構成は、行毎の維持電極426、428の双方がパネルの1つの基板上にあることから、単一基板ACプラズマディスプレイと呼ばれることがある。不活性ガスの混合が基板412と基板424の間に配置され、維持電極426と428により印加された維持電圧により放電状態に励起される。不活性ガスの放電により紫外線光が発生し、赤、緑、青の燐光体層41

8

8、420、422のそれぞれを励起して可視光を出力させる。もし、行アドレス電極414及び維持電極426、428に印加する駆動電圧が適切に制御されれば、正面基板424を介して全色画像を見ることができる。

【0007】テレビやコンピュータディスプレイ端末のような利用に対して図1のACプラズマパネルに全色画像を表示させるために、階調を実現する手段が必要である。ACプラズマパネルを高輝度低フリッカを実現するためにメモリモードで動作させたいことから、オン又はオフ状態の画素において画像階調を実現するために、アドレッシング技術が利用される。そのようなアドレッシング技術は、ヨシカワ等による“A Full Color AC Plasma Display with 256 Gray Scale (Japan Display, 1992, pp. 605-608)”に記述されている。PDPはデジタル装置であるため、固定した数の階調のみを実現できる。8ビット赤-緑-青（RGB）信号の場合、256階調が可能である。

【0008】図2は、256階調を実現するためにヨシカワ等により使用された駆動シーケンスを示す。その駆動シーケンスはサブフィールドアドレッシング法と呼ばれることがある。プラズマディスプレイパネルは、画像をフレームに分割する従来のビデオ方法でアドレッシングされる。典型的なビデオ画像は、1秒間に60フレームで表示され得る。それは16.6ミリ秒のフレーム時間に対応する。図2に示すサブフィールドアドレッシング法は各フレームを8つのサブフィールドSF1-SF8に分割する。

【0009】図3に示すように、8サブフィールドの各々はさらにアドレス期間と維持期間とに分割される。維持期間の間は、維持電圧が維持電極26、28に印加される。これにより、もし、所定の画素サイトがオン状態であれば、1つ以上の維持パルス（SP：sustain pulse）により発光が引き起こされる。これに対し、維持電圧は、オフ状態に有る画素サイトにおいて放電を引き起こすのには不十分である。

【0010】図2において、8サブフィールドの各々の維持期間の長さは異なっているという点に注意すべきである。最初のサブフィールドは、完全な維持サイクル期間の1サイクルのみの維持期間を持つ。第2番目のサブフィールドは2維持サイクルの、第3番目のサブフィールドは4維持サイクルの、第8番目のサブフィールドは128維持サイクルの維持期間を持つ。

【0011】アドレスされた所定の画素サイトの維持を制御することにより、画素サイトの知覚される強度は256階調レベルのいずれかに変化し得る。選択されたが蔬菜とに対して半分の強度で、すなわち256のうちの128のレベルで発光させたいと仮定する。その場合、選択的な書き込みアドレスパルスが、列アドレス電極14に対し適切な電圧を印加し、対向するアドレス導体としての維持線26、28の1つを利用することによっ

(6)

9

て、サブフィールド8の間画素サイトに印加される。他のサブフィールドの間、アドレスパルスはアドレスされた画素サイトには印加されない。このことは、最初の7つのサブフィールドの間は書き込み動作がなく、それゆえ、維持期間において発光しないことを意味している。しかしながら、サブフィールド8については、選択的な書き込み動作が選択された画素サイトをオンし、サブフィールド8の間、この場合は128維持サイクルの間、その発光を引き起こす。フレームの活動化 (frame energization) についてのフレーム128維持サイクルは、フレーム時間に対する半分の強度に対応する。

【0012】もし、代わりに、選択された画素サイトを4分の1の強度すなわち256の中の64の強度で発光させたいときは、選択的な書き込みアドレスパルスがサブフィールド7の間中、画素サイトに印加され、他のサブフィールドの間中はアドレスパルスは印加されない。これにより、サブフィールド1、2、3、4、5、6、8の間中、書き込みがされず、それゆえ、それぞれの維持期間において発光されない。しかしながら、サブフィールド7に対しては、選択的な書き込みが選択された画素サイトをオンし、サブフィールド維持期間の間（この場合、4分の1強度に対応する64維持サイクルの間）中の発光を引き起こす。最大強度の場合については、選択的な書き込みアドレスパルスが8つのサブフィールドの全ての間中、印加されて、それにより、フレームの最大強度に対応して、画素サイトは8つのサブフィールドのそれぞれに対する維持期間の全ての間中で発光する。

【0013】ヨシカワ等の手順は、サブ画素サイト毎に8ビットデータワードを供給する表示プロセッサの動作を介して、任意の256の異なる強度の実現を可能とする。ここで、データワードは所望の階調の強度レベルに対応する。データワードの各ビットをルーティングし、所定のフレームにおいて8つのサブフィールドの8つのアドレス期間のそれぞれの選択的な書き込みパルスを制御することにより、8ビットデータワードは維持サイクル*

10

*の数を制御する。そのサイクルの間、選択された画素サイトがそのフレームについて発光する。このように、0-255の間及び0-255を含む、1フレーム当りの維持サイクルの任意の整数が得られる。

【0014】図4は、8ビット階調に対する8サブフィールド上の標準的な維持パルス分布を示す。8サブフィールドシステムにおいて、維持パルス分布は2値で重み付けられている。すなわち、連続したサブフィールドの各々は、前のサブフィールドのパルス数の2倍のパルス数を含む。

【0015】しかしながら、PDPシステムは1フレーム当たり8サブフィールドに限られない。モリによる特開平10-107573号は、8ビット階調に対するパルスが12サブフィールド上に分散されるシステムを開示している。図5は、モリの特許に開示されたものと同様の、8ビット階調に対する12サブフィールド維持パルス分布の一例を示している。

【0016】カワハラによる特開平10-153980号では、パルス幅変調 (PWM) 符号化として知られているもう1つの分布を開示している。図6は8ビット階調に対するPWM12サブフィールド維持パルス分布の一例を示している。

【0017】従来のビデオ信号はガンマ補正され、カラー陰極線管の非線形性を改正する。しかしながら、PDPそのような非線形性は表れない。したがって、PDPシステムにおける従来のビデオ信号を使用するために、「逆」ガンマ関数が、従来のビデオ信号において具体化されるガンマ補正曲線を除去し、PDPの線形性に一致する出力を生成する必要がある。線形な出力データは、サブフィールド処理に対して表示論理回路に送られる8ビットフィールドにおいて表示される。

【0018】ガンマ補正されたデータに与えられる逆ガンマ関数は典型的には次式で与えられる：

【数1】

$$\text{Output_Data} = \text{Input_Range} \times \left[\frac{\text{Input_Code}}{\text{Input_Range}} \right]^{2.2} \quad (1)$$

【0019】図7は、ガンマ補正関数（曲線B）、逆ガンマ関数（曲線C）、所望の線形出力関数（曲線A）を示すグラフである。逆ガンマ補正は表示装置上に表示される階調数を大幅に低減する。線形応答は256個の異なる出力値を許容する一方で、逆ガンマ曲線は184個の異なる出力値のみしか許容しない。これは、出力値を少し変化させるときに入力値を大幅に変化させなければならない、低いレベルの画像データにおいて最も明らかである。入力値の増加にともない、曲線の傾きが増加し、それにより、高い入力レベルにおいては、入力のわずかな変化により輝度が大きく変化する。

【0020】図8は従来のビデオ信号データの0から40カウントの範囲の入力値に対するガンマ補正関数のグ

ラフである。なお、出力が変化する前は入力値15が必要とされ、入力値が16から25のときは出力値は1となる。結果として、低い強度レベルにおいて、見る者は一組の広い輪郭群を見る。それぞれの輪郭は多数の入力値からデコードされた信号値からなる。

【0021】PDPに対する表示コントローラはガンマ補正された入力データを受信し、逆ガンマ関数を適用し、個々のサブフィールドを所望のレベルの輝度にする。異なるタイプのデジタル表示装置は異なる量の光を発生し、また、必要な輝度は異なっても良いことから、発生する光の量が変化する。このため、最大強度を発生させるために、サブフィールドに重み付けを行なうスケーリング操作を利用することが必要となる。表示の

(7)

11

線形性を保持するため、サブフィールドが二値に符号化される。すなわち、前述の様に、各サブフィールドは、その前のサブフィールドの2倍の光を発生する。各サブフィールドにおけるパルス数が必要な輝度に合わせてスケールリングされた場合、二値化の重み付けがスケールリングされる。例えば、輝度を5倍に増加させるために、5、10、20、40、80、160、320、640の量の維持パルスがサブフィールド1から8にそれぞれ導入される。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】PDP上の画像の強度を管理するこれらの従来技術にはいくつかの制限の問題がある。第1に、低い光レベル情報が強められたとき、画像が低いレベル強度の間で移動するデータを示す場合に、強い輪郭が見られる。第2に、低い入力値に対する逆ガンマ関数の徐々に変化する傾きが、人間の目に知覚できるものを生成する。人間の目は線形的によりも対数的に動作し、結果として、低い光レベルの変化を容易に知覚し、見る者に低いレベル強度の遷移を容易に受け入れやすくさせる。第3に、動画擬似輪郭(MPD: moving picture disturbance)が、動画におけるサブフィールド間でシフトする光として生ずる。これにより、見る者は、色のついた擬似的な輪郭を表示装置上を移動する画像として見る。

【0023】上述の様に、1つのサブフィールドにおいて発光させられる画素は、画素を定義する電極に印加される書き込み電圧によって最初に活動化される。それにもかかわらず、画素が発光させられるか否かに関係なく、画素はアドレスされ、維持パルスが生成される。画素が発光しないサブフィールドにおける画素のアドレッシング及び維持パルスの生成は電力の浪費である。

【0024】本発明の目的は、パルス分布関数にしたがい1フレームの画像のサブフィールドにおいて生成されるパルスにより画素が発光する表示の画像品質を改善する方法及びシステムを提供することにある。

【0025】本発明のさらに別の目的は、低い強度レベルで解像度を改善するそのような方法とシステムを提供することにある。

【0026】本発明のさらに別の目的は、動画擬似輪郭を低減するそのような方法とシステムを提供することにある。

【0027】本発明のさらに別の目的は、表示装置に印加する電力を低減するそのような方法とシステムを提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明に係る第1の方法によれば、画素を映す表示装置上の画像を改善する方法を提供する。画素の各々は画素値により表わされる強度を有しており、所定の画素の強度はフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連

12

し、それらのパルスはパルス分布にしたがい1組のサブフィールドの間に割り当てられる。その方法は、フレーム時間中に表示される最大画素値を決定するステップと、その最大画素値に基いて所定のサブフィールド内のパルスの数を切り換えるステップとからなり、それによりパルス分布を変更する。

【0029】本発明に係る第2の方法によれば、所定の画素の強度がフレーム時間における1組のサブフィールド内で生じるパルスの数に関連する画素を映す表示装置により消費される電力を低減する方法を提供する。その方法は、所定の画素の強度を生成するためにいずれのパルスも印加されない所定のサブフィールドの間の表示装置に対する電力を削減するステップを含む。

【0030】本発明は所望の輝度レベルを発生させるためには通常は使用しないサブフィールドを利用する。最大画素値はサブフィールドの境界の維持パルス分布に関連するしきい値と比較される。そのしきい値は、フレーム時間において時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連する。好ましい態様では、本発明は、対応する最小のしきい値であって最大画素値よりも大きなしきい値を有するサブフィールドを特定する。最大画素値がしきい値よりも小さい場合は、しきい値よりも後で発生するサブフィールドは、新しいパルスの生成のために又は現存するパルスの再分配のために使用できる。また、未使用サブフィールドは表示装置に対する電力を低減できる期間を与える。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明は、パルス分布関数にしたがい1フレームの画像のサブフィールドにおいて生成されるパルスにより画素を発光させる表示の画像品質を改善する方法及びシステムである。要するに、入力データがフレームバッファに格納され、フレームにおける最大画素値を決定するために評価される。その後、サブフィールド内のパルスの数が最大画素値に基いて変更され、これにより、維持パルス分布が変更される。本発明は特にPDPへの応用に適している。

【0032】本発明が所望のレベルの輝度を発生させるために通常使用しないサブフィールドを利用しているため、維持パルス分布は変更可能である。最大画素値はサブフィールドの維持パルス分布の境界と相関関係のあるしきい値と比較される。しきい値はフレーム時間において前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関係する。本実施形態において、本発明は、最大画素値よりも大きな、最小の対応のしきい値を持つサブフィールドを特定する。最大画素値がしきい値よりも小さい場合、そのしきい値の後に発生するサブフィールドが、新しいパルスの生成または現存するパルスの再分配のために使用できる。また、未使用のサブフィールドにより、表示のための電力を低減できる期間が与えられる。

【0033】図9は8ビット階調システムに対する8サ

(8)

13

ブフィールド維持パルス分布を示す。5つのしきい値すなわち $TH0=255$ 、 $TH1=127$ 、 $TH2=63$ 、 $TH3=31$ 及び $TH4=15$ が示されている。フレームにおいて最大画素値が185の場合を考える。最大画素値の185は、 $TH0=255$ を除いて全てのしきい値よりも大きい。したがって、全てのサブフィールドが、画素値の185に対応する強度レベルを実現するために使用される必要がある。今、最大画素値が90の場合を考える。最大画素値の90は $TH1=127$ よりも小さいが、 $TH2=63$ よりも大きい。このため、サブフィールド8は、画素値の90に対応した強度レベルを実現する維持パルスを生成するためには必要ではない。

【0034】図10は8ビット階調システムに対する12サブフィールド維持パルス分布を示す。5つのしきい値すなわち $TH0=255$ 、 $TH1=202$ 、 $TH2=155$ 、 $TH3=115$ 及び $TH4=82$ が示されている。これらのサブフィールドのそれぞれが、図9に示すしきい値 $TH0-TH4$ に対応する値よりも大きい値であることに注意すべきである。最大画素値の185は $TH1=202$ よりも小さいが、 $TH2=155$ よりも大きい。したがって、サブフィールド12は、画素値の185に対応した光の強度レベルに対する維持パルスを生成するためには必要ではない。最大画素値90は $TH3=115$ よりも小さいが、 $TH4=82$ よりも大きい。このため、サブフィールド10、11、12は、画素値の90に対応した強度レベルに対する維持パルスを生成するためには必要ではない。

【0035】本発明は、新しいパルスの生成のために又は現存するパルスの再分配のために未使用のサブフィールドを利用する。図9と図10の説明における上記の例を比較すると、12サブフィールドの維持パルス分布（図10）は、8サブフィールドの維持パルス分布（図9）の場合よりも、その他の未使用サブフィールドを利用する機会がより多くなることが分かる。したがって、本発明は8サブフィールドシステムよりも12サブフィールドシステムにおいてより頻繁に適用可能である。

【0036】図11は8ビット階調システムに対するパルス幅変調（PWM）12サブフィールド維持パルス分布を示す。5つのしきい値すなわち $TH0=255$ 、 $TH1=223$ 、 $TH2=191$ 、 $TH3=159$ 及び $TH4=127$ が示されている。これらのサブフィールドのそれぞれが、図10に示すしきい値 $TH0-TH4$ に対応する値よりも大きい。それ故に本発明は12サブフィールド維持パルス分布（図10）よりもPWM12サブフィールド維持パルス分布（図11）に対してより頻繁に適用され得る。しかしながら、図10の分布がMPD生成物（artifact）の削減に関して優れた性能を発揮することが試験により示された。それゆえ、図10の12サブフィールド維持パルス分布は好ましい分布であ

14

り、後述する具体例においてもそのようであろう。

【0037】本明細書中で示される具体例は8ビット画素値及び12サブフィールド維持パルス分布を想定している。それらはまた1フレームにおいて少なくとも255個の維持パルスを生成可能な表示装置を想定する。しかしながら、本発明はこれらの具体例には制限されない。一般的に、本発明はNビット画素値を持つシステム及び1フレームにおいて $P(2^N-1)$ 個の維持パルスを生成可能な表示装置に適用可能である。ここで、Pは0より大きい整数であり、サブフィールド数はN以上である。

【0038】本明細書中で示される具体例は、サブフィールド1の最下位ビット（LSB）とサブフィールド12の最上位ビット（MSB）とを少なくとも含むサブフィールドの列を示すが、本発明は任意のサブフィールドの列に適用可能である。例えば、列はMSBからLSBへ時間において順に並べられることができる。すなわち、1個、4個、10個、19個、33個、47個、53個、40個、26個、14個、6個及び2個の維持パルスの分布のようなLSB-MSBの順序づけに依存しない。

【0039】本発明は3つの動作モードを含む。それらを便宜上、モード1、モード2、モード3と呼び、別々にまたは互いに結合して使用してもよい。モード1において、低いレベルの解像度は、1つ以上の新しいパルスを別の未使用サブフィールドに割り当てることにより改善される。モード2において、MPDの削減はしきい値より低いサブフィールドからパルスを再分配することにより、また、別の未使用サブフィールドをその再分配に含ませることにより実現される。モード3において、表示のための駆動回路は未使用サブフィールドの間中はオフされる。

【0040】モード1において、低いレベルの解像度は、1つ以上の新しいパルスを別の未使用サブフィールドに割り当てることにより改善される。表示装置が1フレームにおいて255より多くの維持パルスを生成できるときは、より多くの階調が実現できる。このため、本発明は8ビットサイクル入力値を利用でき、8ビットより大きい擬似的な階調値を実現する。テーブル1に、種々の擬似階調方法を支援するために生成することができなければならない維持パルスの最少の数をリストする。例えば、12ビット擬似階調に対して、システムは、1フレームにおいて少なくとも4080維持パルスを生成することができなければならない。また、そのテーブルはパルスの割り当てを示し、また、図10において示されるような12サブフィールド維持パルス分布を提供できるシステムにおいておそらく実現可能なしきい値レベルを示す。

【表1】テーブル1

8-12ビット階調システムに必要な最少維持パルス数

(9)

15

16

階調シフトA	SF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	維持パルス	可能 閾値
8ビット		1	2	4	8	12	20	28	38	52	66	80	94	106	0
9ビット		2	4	8	16	24	40	56	76	104	132	160	188	212	0,1
10ビット		4	8	16	32	48	80	112	152	208	264	320	376	424	0,1,2
11ビット		8	16	32	64	96	160	224	304	416	528	640	752	848	0,1,2, 3
12ビット		16	32	64	96	128	192	256	340	448	576	704	832	960	0,1,2, 3,4

【0041】図12は、逆ガンマ関数に対する低い値の入力を実現し得る擬似的な9-12階調の効果を示す。0-26の範囲内の低いレベルの入力に対して、8ビット階調は3つの異なる出力値すなわち0、16、32のみを生じ、12ビット階調は19の異なる出力値を生ずる。12ビット階調は9ビット階調に対して解像度を増加させる。

【0042】1フレーム当り4080の維持パルスを生成可能な表示装置を考えると、8ビット階調システムにおいて、最下位ビット(LSB)は16個の維持パルスをあらわす。本発明は、8ビット階調システムにおいて通常使用されないサブフィールドを利用し、かつ、8、4、2及び1を示す新しいLSBを割り当てることにより、擬似的な9-12ビット階調を生成する。1フレーム当り4080個の維持パルスを用いて本発明は擬似的な12ビット階調(テーブル1参照)を実現できる。さらに、以下の例はモード1の動作と、擬似的な9-12ビット階調の技術を説明する。

【0043】モード1、しきい値0。図13参照。最大画素値はTH1=202より大きい。12サブフィールド

ド全てが使用され、それゆえ、擬似輪郭階調方式は利用されない。

【0044】モード1、しきい値1。図14参照。最大画素値はTH1=202以下で、TH2=155よりも大きい。サブフィールド12は通常使用されない。サブフィールド12はそれゆえ8つの維持パルスを表す1つの新しいLSBに対して使用され得る。擬似的な9ビット階調方式がこれにより実現される。

【0045】モード1、しきい値2。図15参照。最大画素値はTH2=155以下でTH3=115より大きい。サブフィールド12と11は通常使用されない。サブフィールド12と11はそれ故、8個と4個の維持パルスを表す2つの新しいLSBに対して使用され得る。これにより擬似的な10ビット階調方式が実現される。

【0046】モード1、しきい値3。図16参照。最大画素値はTH3=115以下でTH4=82より大きい。サブフィールド12、11及び10は通常使用されない。サブフィールド12、11及び10はそれ故、8個、4個及び2個の維持パルスを表す3つの新しいLSBに対して使用され得る。これにより擬似的な11ビット

40

50

(10)

17

ト階調方式が実現される。

【0047】モード1、しきい値4。図17参照。最大画素値は $TH4=82$ 以下である。サブフィールド12、11、10及び9は通常使用されない。サブフィールド12、11、10及び9はそれ故、8個、4個、2個及び1個の維持パルスを表す4つの新しいLSBに対して使用され得る。これにより擬似的な12ビット階調方式が実現される。

【0048】一般的な場合、本発明のモード1は、パルス分布においてあるサブフィールドは最少数のパルスを含むことを認める。本発明は未使用のサブフィールドを特定し、未使用のサブフィールドにその最少数の半分の数に等しい量の新しいパルスを割り当てる。

【0049】フレーム内の維持パルスの相対的な配置はまた見る者によって知覚される画像の品質に影響を及ぼす。これは、人間の目は画像をパルスの積分によって認識し、かつ、目はパルス分布においてフレームからフレームへの変動に影響されやすいからである。

【0050】図18と図19は、1フレームの画像データを新しいパルスの配置についての2つの可能な方法を示す。それらの図は、1フレーム当り3つの画素で移動する画像について、しきい値0としきい値4との間の偏位に対する網膜の応答についてもまた示している。新しいパルスはフレーム内の任意の点に配置されることができ、サブフィールドの順序付けを変更することもできる。図18は、以前の未使用のサブフィールドの代わりに配置された新しいLSBを持つサブフィールドを示し、図19は、フレーム先頭に位置付けられた新しいLSBを持つサブフィールドを示す。いずれかの取り決めが使用できるが、連続したフレームにおいていくつかのしきい値が交差するときは、図19に示す取り決めでは、30HzのフリッカとMPD生成物が生じ得る。これらの生成物は、フレーム内のサブフィールド1-8の位置での時間的な変化により生じる網膜応答（図19参照）におけるオーバーシュート及びアンダーシュート強度誤差により生じる。したがって、図18に示す取り決めは図19のものよりも好ましい。

【0051】デッドタイムはパルスが全く生成されない時区間である。デッドタイムを積算することにより、及び、そのデッドタイムについてのフレーム内の所定位置に新しいパルスを配置することにより更なる改善が実現される。同様に、新しいパルスがデッドタイムがフレーム内の所定位置にあるように位置付けられる。新しい維持パルスに対して設計されたサブフィールドは、通常、フレーム内のパルス数の大部分を生じる。これらのサブフィールドに割り当てられる典型的に8、4、2又は1のパルス量は、サブフィールドが調整可能な量よりもずっと小さいことから、これらのサブフィールドはたくさんの量のデッドタイムを含んでもよい。

【0052】図20は、新しいパルスが積算されたデッ

18

ドタイムの後に位置付けられる、好ましい取り決めを示す。この取り決めの元では、新しいパルスは後続フレームの最初のサブフィールドの直前にある。結果として、新しいパルスからの光は滑らかに次のフレームへ遷移していく。にもかかわらず、本発明はこのアレンジメントに制限されない、また、新しいパルスはそのデッドタイムに関するフレーム内の任意の点に位置決めされることができる。さらに、デッドタイムは分割され、すなわち、フレームを通じて最分布される。

【0053】いくつかのPDPシステムは、異なるレベルの発光を実現する維持パルスを生成することができる。例えば、狭いパルス幅の維持パルスは、より広いパルス幅の維持パルスよりも少ない光を生成する。また、アドレッシング中に放射された光は、1つの維持パルスにより出力された光のいくつかの端数であると考えられる。そのようなシステムでは、2分の1の輝度、4分の1の輝度及び他の分数レベルの輝度により、維持パルスの数を増加させずに階調レベルを増加させることができる。

【0054】例えば、図21に示すように、10ビット階調方式は2分の1維持パルスと4分の1維持パルスを、155個の維持パルスに追加することにより実現できる。155個の維持パルスは、 $155 \cdot 75 = (155 + 1/2 + 1/4)$ 個の維持パルスのカウント数に対してしきい値2のままである。図22に示すように、システムが1020個の維持パルスを生成可能であれば、10ビット階調方式が全ての維持パルス（テーブル1参照）を使用して生成され得る。8ビットシステムにおいては $TH4=82$ であり、10ビットシステムにおいては $TH4=328$ （すなわち $328=2^2 \times 82$ ）である。したがって、最大画素値が82カウントより下になったとき、これにより12ビット階調方式は、2分の1や4分の1の端数維持パルスを表示するLSBを追加し、合計の維持パルスカウントが $331 \cdot 75 = 328 + 2 + 1 + 1/2 + 1/4$ となることにより実現され得る。それゆえ、低いレベルの解像度は、正規の維持パルスの輝度よりも小さい輝度を発生させる維持パルスを提供することにより改善することができる。

【0055】モード2において、しきい値より下のサブフィールドからパルスを、他の未使用の1つ以上のサブフィールドに再分配することにより、MPDの除去が実現される。すなわち、しきい値より下のサブフィールドからの1つ以上のパルスが1つ以上の他の未使用のサブフィールドに割り当てられる。MPD除去は、網膜応答が画像において動いている間の擬似輪郭を積分しないように、連続するフレームにおいて発光される光レベルの変動を低減することにより実現できる。図9と図10の内容においてすでに述べた様に、8ビット画素値を表すために12個のサブフィールドを使用することの利点は、維持パルスが8サブフィールドシステムにおいてよ

(11)

19

りも、12サブフィールドシステムにおいてのサブフィールドに対してより線形に分布され得ることである。隣接するサブフィールド間の変分維持パルス数の削減によりMPDが削減される。

【0056】1つ以上の最上位サブフィールドがフレームにおいて利用されていないとき、12サブフィールド全てに対して維持パルスを再分配することができ、さらに、隣接サブフィールド間の維持パルス数の変動を低減する。モード1の説明において提示されたしきい値が交差する際の30HzフリッカとMPD生成物に関する問題¹⁰は、このモードにおいてもまた適用される。しかしながら、維持パルスの際分布は偶然の要因を導き出す。その結果は、これらの遷移期間中に多量の新しいMPDを導かない。次の例はさらにモード2の動作を説明する。

【0057】モード2、しきい値0。図23参照。最大画素値はTH1=202より大きい。全ての12個のサブフィールドが使用され、それゆえ、維持パルスの再分配のために全く利用されない。

【0058】モード2、しきい値1。図24参照。最大画素値はTH1=202以下で、TH2=155より大きい²⁰。サブフィールド12は通常使用されない。元々のサブフィールド1からサブフィールド11における202個の維持パルスは、12個のサブフィールド上に再分配される。図24、フレーム3、4は提案した再分配を示す。

【0059】モード2、しきい値2。図25参照。最大画素値はTH2=155以下で、TH3=115より大きい。サブフィールド12と11は通常使用されない。元々のサブフィールド1からサブフィールド10における155個の維持パルスは、12個のサブフィールド上³⁰に再分配される。図25、フレーム3、4は提案した再分配を示す。

【0060】モード2、しきい値3。図26参照。最大画素値はTH3=115以下で、TH4=82より大きい。サブフィールド12、11及び10は通常使用されない。元々のサブフィールド1からサブフィールド9における155個の維持パルスは、12個のサブフィールド上に再分配される。図26、フレーム3、4は提案した再分配を示す。

【0061】モード2、しきい値3。図26参照。最大画素値はTH3=115以下で、TH4=82より大きい⁴⁰。サブフィールド12、11及び10は通常使用されない。元々のサブフィールド1からサブフィールド9における155個の維持パルスは、12個のサブフィールド上に再分配される。図26、フレーム3、4は提案した再分配を示す。

【0062】モード2、しきい値4。図27参照。最大画素値はTH4=82以下である。サブフィールド12、11、10及び9は通常使用されない。元々のサブフィールド1からサブフィールド8における82個の維⁵⁰

20

持パルスは、12個のサブフィールド上に再分配される。図27、フレーム3、4は提案した再分配を示す。

【0063】モード2の効力は、変更されたパルス分布に基いてしきい値を動的に調整することによりさらに増大させることができる。すなわち、維持パルスが12のサブフィールド上に再分配されたとき、サブフィールドの境界が変化し、サブフィールドのしきい値は調整可能となる。

【0064】例えば、図24を再度参照し、検出されたピーク画素値がTH1=202以下で、TH2=155より大きいと仮定する。サブフィールド1から11からの202個の維持パルスは、12個のサブフィールド上に再分配される。変更された分布がフレーム4において示されている。そこでは、サブフィールド1から11までのサブフィールドからの維持パルスの新しい分布は、総計で162となる。したがって、新しいTH2=162がフレーム4に対して定義される。

【0065】同様に、12個のサブフィールドに対して162個の維持パルスを与えるスライドしたしきい値分布が示された図25に示すように、新しいTH3=129が、サブフィールド1からサブフィールド11までの維持パルスを総計することにより定義される。

【0066】また、同様に、12個のサブフィールドに対して129個の維持パルスを与えるスライドしたしきい値分布が示された図26に示すように、新しいTH4=104が、サブフィールド1からサブフィールド11までの維持パルスを総計することにより定義される。

【0067】しきい値を動的に調整することの利点は、新しいしきい値がより高い輝度レベルで交差し、それにより維持パルスの再分配の機会がより多くなり、結果としてMPDが低減されることである。

【0068】もう1つの機能増大は、1フレーム内のデッドタイムの量が、12個のサブフィールド上に再分配されている維持パルスの総計数がより少ないほど増加するということを認識することにより実現できる。デッドタイムは累積され、新しいサブフィールドを生成するために割り当てられる。

【0069】図28は、それによりデッドタイムが累積され新しいサブフィールドを生成するために割り当てられる技術を説明する。「S/A」は、サブフィールドのセットアップとアドレッシングに要する時間間隔を表す。しきい値に依存し、サブフィールド9、10、11及び12は各々、維持パルスが生成されないデッドタイムの時間間隔を含む。時間間隔SP9、SP10、SP11及びSP12は元のサブフィールド9から12までの回復可能時間(recoverable)をそれぞれ示す。

【0070】最大画素値がしきい値2より下に下がったときは、サブフィールド11と12は元々使用されない。SP11とSP12は回復されることができ、新しいサブフィールドすなわち第13番目のサブフィールド

(12)

21

を生成するために割り当てられることができる。

【0071】同様に、最大画素値がしきい値4より下になつたときは、サブフィールド9、10、11と12は元々使用されない。SP9、SP10、SP11とSP12は回復されることができ、新しいサブフィールドすなわち第13番目及び第14番目のサブフィールドを生成するために割り当てられることができる。

【0072】図29と図30はそれぞれ、第13番目と第14番目のサブフィールドを含む維持パルスの提案した再分配を示す。第13番目と第14番目のサブフィールドに対するこれらの分布はさらにサブフィールド間の維持パルス数の変動を低減し、さらにMPDを低減する。

【0073】最大画素値と交差するしきい値レベルに依存して、増大された低いレベルの解像度（モード1）とMPDの削減（モード2）との組み合わせが実現されてもよい。画像の画素値を減らすためにより多くのしきい値が交差するにしたがい、上位のサブフィールドの利用に関してより多くの選択が可能となる。最大画素値がTH4以下である場合、4つの擬似階調ビットが付加でき、2つの追加のサブフィールドが生成され得る。それにより、合計で14サブフィールドになり、それらに対して維持パルスが再分配され得る。以下の具体例はいくつかのシナリオを説明するが、その他のものも可能である。

【0074】結合されたモード、しきい値1。最大画素値はTH1=202以下であり、TH2=155より大きい。サブフィールド12は通常使用されない。選択はモード1又はモード2のいずれかを利用するようになされてもよい。

【0075】結合されたモード、しきい値2。図31参照。最大画素値はTH2=155以下であり、TH3=115より大きい。サブフィールド12と11は通常使用されず、これにより画像エンハンスメントのために利用可能である。これらの利用可能なサブフィールドの中の1つがパルス分布の左端に配置され、新しいLSBとして使用される（モード1）。他の利用可能なサブフィールドが維持パルスの再分配を可能とするために使用される（モード2）。

【0076】結合されたモード、しきい値3。図32参照。最大画素値はTH3=115以下であり、TH4=82より大きい。サブフィールド12、11及び10は通常使用されず、これにより画像エンハンスメントのために利用可能である。これらの利用可能なサブフィールドの中の2つがパルス分布の左端に配置され、新しいLSBとして使用される（モード1）。他の利用可能なサブフィールドは維持パルスの再分配を可能とするために使用される（モード2）。または、利用可能なサブフィールドの1つのみが新しいLSBとして利用可能であり、他の2つの利用可能なサブフィールドはパルスの再

22

分配のために利用可能である。

【0077】結合されたモード、しきい値4。図33参照。最大画素値はTH3=82以下である。サブフィールド12、11、10及び9は通常使用されず、これにより画像エンハンスメントのために利用可能である。これらの利用可能なサブフィールドの中の3つがパルス分布の左端に配置され、新しいLSBとして使用される（モード1）。他の利用可能なサブフィールドは維持パルスの再分配を可能とするために使用される（モード2）。または、利用可能なサブフィールドの1つまたは2つのみが新しいLSBとして利用可能であり、残りの利用可能なサブフィールドはパルスの再分配のために利用可能である。

【0078】モード3において、表示用の回路の駆動は、未使用サブフィールドの間はオフされる。この特徴により、アドレッシング駆動回路と維持駆動回路に対する休止状態の電力（quiescent-state power）が削減される。

【0079】図34は最大画素値がしきい値4以下の場合の動的な電力削減の一例を説明した図である。サブフィールド9、10、11、12は通常使用されない。それ故、駆動回路はこれらのサブフィールドの間はオフする。この場合、アドレッシング回路に対する休止状態の電力は33%削減され、維持回路に対する休止状態の電力は68%削減される。

【0080】本発明の効果をさらに増大させるために他のいくつかの技術が適用できる。これらの技術には以下に示すような高輝度フィルタ、ヒステリシスロジック及びシーン検出ロジックが含まれる。

【0081】高輝度フィルタは、最大画素が画像全体の小さな部分だけに関連する状態を処理する。例えば、サイズが5ピクセルの明るい星が夜の背景にある。その星の高い強度はどのしきい値よりも低くならない最大画素値により表される。それ故、画像エンハンスメントにおいてどのサブフィールドも利用されない。高輝度フィルタは、全画像の小さな割合（例えば1%）部分よりも小さい画像を表示する高輝度の領域に関する画素を廃棄することによりこの問題を解決する。そのとき、フィルタされた高い強度の画素値よりも小さい最大しきい値レベルが画像データのフレームに対するしきい値として選択される。例えば、もし、明るい星において所定の5画素が210の値を持つならば、TH1=202がそのフレームに対して選択される。それが210より低い最大しきい値レベルであるからである。そのときフィルタされたデータは202に制限される。この技術は、フィルタされたデータが画像の強度のダイナミックレンジを不自然に制限し得る、ずっと低いしきい値に大きく制限されないことを保証する。

【0082】ヒステリシスロジックは、最大画素値がフレームからフレームへしきい値近傍で切り換わる状態を

(13)

23

処理する。この切り換わりは、LSBが交互に活動化及び非活動化するとき30Hzの画像のフリッカを発生する。ヒステリシスロジックはこの問題を上位と下位の境界を持つヒステリシスバンドを設けることにより解決する。最大画素値は境界の1つと交差し、しきい値を変化させる。

【0083】例えば、図35はしきい値を示した図である。各しきい値はヒステリシスの±3カウントを有するヒステリシスバンドを持つ。最初はTH1=202よりも大きく、そのためTH0の範囲にある最大画素は、TH0からTH1へ遷移するためには、しきい値の199より小さくならなければならない。これに対し、もし、画素値がTH1の範囲にあるとき、TH1からTH0へ遷移するためには、その後、しきい値の205より小さくならなければならない。

【0084】シーン検出ロジックは画像における小さいフレームからフレームへの変化がパルス分布の変化を生じさせる状態を処理する。これらの変化は、画像強度の低いレートで所望でない変更として現れる。シーン検出ロジックは、画像が前の画像から所定量だけ変化したときにのみしきい値を変化させることができる。すなわち、シーン検出ロジックは画像が所定量だけ変化しなかったときはパルス分布の交番を禁止する。1フレームの画像の内容は、フレームメモリへ書き込まれる際の全色の画素(RGB)毎の8ビットデータを総計することによって決定される。2つのフレーム間の全データ内容の絶対的な差が所定長よりも大きければ、背景は変化したものとみなされる。しかしながら、背景の変化が検出されなくてもシステムが最大画素値が現在のしきい値の範囲を十分に超えた状態を認識するように、各しきい値は絶対的な最大値及び最小値が割り当てられるべきである。絶対値を認識することにより、フレームからフレームへの画像データが背景の変化を切り換えるのに十分に異なっていなくても、しきい値は近似的にゆるやかなフェードイン、フェードアウトとして変化していく。

【0085】図36は、本発明による、表示の画像品質を改善する方法のフローチャートである。その方法は、表示がそれぞれが画素値により表される強度を持った画素群の像を作るシステムにおいて実行される。その表示は各フレームが1組のサブフィールドを含む、フレーム時間に基いて活動化される。ある画素の強度は、維持パルスをパルス分布にしたがいサブフィールドに印加することにより制御される。前述した様に、3つのモードの動作はこの方法において表される。しかしながら、その方法は3つのモードのいずれかを独立して印加するために実行され得る。その方法はステップ2で始る。

【0086】ステップ2において、方法は1フレームの画像データを読む。そして、ステップ4に進む。

【0087】ステップ4において、方法はそのフレームの画像データを判断し、最大画素値を見出す。そしてス

24

テップ6に進む。

【0088】ステップ6において、方法はシステムに対する所望の動作モードを判断する。もし、所望のモードがモード3であれば、ステップ22に分岐する。もし、所望のモードがモード3でなければステップ8及び10に進む。

【0089】ステップ8はヒステリシスロジックを具体化したものであり、ステップ10は高輝度フィルタを具体化したものであり、双方とも前述したとおりである。これらのステップが実行されるシーケンスは本発明の動作に対しては重大ではない、故に、それらはここでは並列して実行されるように表されている。

【0090】ステップ8を参照するとき、あるサブフィールドがそのフレームにおいて時間的に前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連するしきい値を有するという事を考慮する。方法は、しきい値近傍にヒステリシスバンドを定義する。ヒステリシスバンドの意図は、本来のしきい値の上下で交番する一連の最大画素値が、本来のしきい値近傍で切り換わることを防止するためである。そのしきい値は調整され、それにより、現状の最大画素値としきい値との間の関係が、その後の最大画素値が現状の最大画素値から所定量より大きい量だけ変化するまで維持される。そして方法はステップ12に進む

【0091】ステップ10を参照し、その方法は、所定のパーセントの画像よりも小さい画像をあらゆる画像の高輝度範囲に関連した画素の強度を制限する。このステップは最大画素値を制限しても、しなくてもよいが、明確さのために、その後のステップでは、ステップ10からの結果が結果の最大画素値として参照される。そして方法はステップ12に進む。

【0092】ステップ12において、その方法は、画像が前の画像と比較して所定量変化したか否かを判断する。このステップは上述のシーン検出ロジックを具体化したものである。このステップが実行される時点は、本発明の動作に対しては重要ではない。例えば、ステップ12のシーン検出動作は、ステップ8のヒステリシス動作及びステップ10の高輝度フィルタの前に実行されてもよい。もし、画像が所定量だけ変化しなかったときはステップ2に戻る。もし、画像が所定量だけ変化したときはステップ14に進む。

【0093】ステップ14において、結果の最大画素値は、サブフィールドの、維持パルス分布の境界に関連するしきい値と比較される。しきい値は、フレームにおける時間において前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連している。好ましい実施形態では、方法は、最大画素値よりも大きい、最小に関連するしきい値を持ったサブフィールドを特定する。最大画素値がしきい値よりも小さいときは、方法は、そのしきい値の後に生ずるサブフィールドに割り当てられたパルスの数を切

(14)

25

り換える。方法はその後ステップ16に進む。

【0094】ステップ16において、方法はシステムに対する所望の動作モードを判断する。もし、所望のモードがモード1であればステップ18に進む。もし、所望のモードがモード2であればステップ20に進む。

【0095】ステップ18において、モード1にしたがい、新しいLSB維持パルスが他の未使用であるサブフィールドに割り当てられる。

【0096】ステップ20において、モード2にしたがい、維持パルスが再分配される。モード2のステップは図38と関連づけてさらに後で説明する。

【0097】ステップ22において、結果の最大画素値は、サブフィールドの、維持パルス分布の境界に関連するしきい値と比較される。そのしきい値は、フレームにおける時間において前のサブフィールドに割り当てられたパルスの数に関連している。方法はその後ステップ24に進む。

【0098】ステップ24において、モード3にしたがい、表示により消費さえる電力を削減する。モード3のステップは図39と関連づけてさらに後で説明する。

【0099】図37は本発明のモード1による法事の画像品質を向上する方法のフローチャートである。モード1は最大画素値に基づきパルス分布を変更し、表示の低レベル解像度を改善する。この方法はステップ32で始

る。

【0100】ステップ32において、方法は、しきい値と最大画素値との間の関係に基づいてサブフィールドを特定し、そのサブフィールド中にあるパルスの数を切り換える。なお、図36のステップ4において最大画素値が求められたが、それは結果の最大画素値を生成するために図36のステップ10において高輝度フィルタにより制限されてもよいということに注意すべきである。また、図36のステップ8はしきい値近傍のヒステリシスバンドを定義するというように注意すべきである。好ましくは、方法は、結果の最大画素値をサブフィールドに関連したしきい値と比較し、結果の最大画素値よりも大きな関連するしきい値を有する1つ以上のサブフィールドを特定する。方法は、結果の最大画素値よりも大きな関連する最小のしきい値を持ったサブフィールドを特定する。結果の最大画素値がしきい値よりも小さいとき、そのしきい値よりも後に生ずるサブフィールドは、新しいパルスを生成するために使用されることができる。そして方法はステップ34に進む。

【0101】ステップ34において、方法は1つ以上の新しいパルスを未使用のサブフィールドに割り当てる。そしてステップ36に進む。

【0102】ステップ36において、方法は、フレーム内の所望の位置にサブフィールドを配置する。ステップ32において特定される1つ以上のサブフィールドはフレーム内の任意の場所に配置されることができるが、好

26

ましくは、サブフィールドはフレームの終わり、すなわち、その後のフレームの先頭の直前に配置される。そしてステップ38に進む。

【0103】ステップ38において、方法は、新しいパルスを持つサブフィールドからのデッドタイムを積算し、新しいパルスをデッドタイムに関連したフレーム内意の最適位置に配置する。好ましい形態では、新しいパルスは積算されたデッドタイムの後に配置される。

【0104】図38は、本発明のモード2による表示の画像品質を向上する方法のフローチャートである。モード2は最大画素値に基いてパルス分布を変更し、MPDを削減する。この方法はステップ52で始

る。

【0105】ステップ52において、方法は、しきい値と最大画素値との間の関係に基づいてサブフィールドを特定し、そのサブフィールド中にあるパルスの数を切り換える。なお、図36のステップ4において最大画素値が求められたが、それは結果の最大画素値を生成するために図36のステップ10において高輝度フィルタにより制限されてもよいということに注意すべきである。また、図36のステップ8はしきい値近傍のヒステリシスバンドを定義するというように注意すべきである。好ましい形態において、方法は、結果の最大画素値をサブフィールドに関連したしきい値と比較し、結果の最大画素値よりも大きな関連するしきい値を有する1つ以上のサブフィールドを特定する。方法は、結果の最大画素値よりも大きな関連する最小のしきい値を持ったサブフィールドを特定する。結果の最大画素値がしきい値よりも小さいとき、そのしきい値よりも後に生ずるサブフィールドは、現存するパルスを再分配するために使用することができる。そして方法はステップ54に進む。

【0106】ステップ54において、方法は、フレーム内のサブフィールドからのデッドタイムを積算する。デッドタイムはパルスが生成されない時間である。そして方法はステップ56に進む。

【0107】ステップ56において、方法は、積算されたデッドタイムのかわりに新しいサブフィールドを生成できるか否かを判断する。もし、新しいサブフィールドが生成可能であれば、方法はステップ58に進む。もし、新しいサブフィールドが生成不可能であれば、方法はステップ60に分岐する。

【0108】ステップ60において、方法は、全ての利用可能なサブフィールドに対してパルスを再分配する。特に、所望のレベルの輝度を生成するのに必要なパルスが、ステップ52において特定されるサブフィールドとステップ58において生成された新しいサブフィールドを含む全てのサブフィールドに対して再分配される。そしてステップ62に進む。

【0109】ステップ62において、しきい値は、変更されたパルス分布に基いて調整される。このステップは前述のしきい値を動的調整技術を具体化したものであ

(15)

27

る。

【0110】図39は本発明のモード3による表示により消費される電力を削減する方法のフローチャートである。この方法はステップ82で始る。

【0111】ステップ82において、方法は、未使用のサブフィールドをしきい値と最大画素値との間の関係に基づいて特定する。なお、図36のステップ4において最大画素値が求められたが、それは結果の最大画素値を生成するために図36のステップ10において高輝度フィルタにより制限されてもよいということに注意すべきである。また、図36のステップ8はしきい値近傍のヒステリシスバンドを定義するというように注意すべきである。好ましい形態において、方法は、結果の最大画素値をサブフィールドに関連したしきい値と比較し、結果の最大画素値よりも大きな関連するしきい値を有する1つ以上のサブフィールドを特定する。方法は、結果の最大画素値よりも大きな関連する最小のしきい値を持ったサブフィールドを特定する。結果の最大画素値がしきい値よりも小さいとき、そのしきい値よりも後に生ずるサブフィールドは、表示に対する電力が削減できる期間を示す。

【0112】ステップ84において、方法は、ステップ82において特定された1つ以上のサブフィールドの期間の間、表示に対する電力を削減する。

【0113】図40は、本発明による、8ビットのガンマ補正されたビデオ信号を受信し、表示の画像品質を改善する回路のブロック図である。簡単化のために、ブロック図は、単色（すなわち、赤、緑または青）に対するデータ経路を記述する。回路の第一の構成要素には、最大画素値検出器130、フレームメモリ140、逆ガンマ補正及び維持パルス（SP）符号化読み出し専用メモリ（ROM）180、維持パルス分布及びサブフィールド総計回路170が含まれる。さらに、回路は、シーン検出回路110、高輝度フィルタ120、しきい値デコーダ150及びヒステリシス回路152が含まれる。

【0114】その回路は個別の構成要素により又はファームウェアにおいて実施され得る。または、それは、プロセッサ190において連携するメモリ192とともに実現できる。発明を実行するために必要な手順はメモリ192に予めロードされるとして示される一方、それらは、その後メモリ192へローディングするためのデ

28

ータメモリ194のような記録媒体上に構成されてもよい。

【0115】1フレームに対する、8ビットガンマ補正された画像データの全ては、フレームメモリ140に書き込まれる。フレームメモリ140は画像データの一時的な保持領域である。

【0116】最大画素値検出器130はフレームメモリ140に画像データが書き込まれる間、それを評価する。最大画素値検出器130は画像データのフレームについての最大画素値を出力する。

【0117】シーン検出回路110は、画像が所定量だけ前の画像から変化したか否かを判断する。背景は、2つのフレーム間の全データ内容の絶対的な差が所定量よりも大きい場合に变化したものと見なされる。それは、背景が変化したか否かを示す出力を生成する。この回路は前述のシーン検出ロジックを具体化したものである。

【0118】高輝度フィルタ120は、小さな割合の全画像よりも小さいものを表す高輝度領域に関連した画素の強度を制限する。これは、フィルタ条件が一致したときは最大画素値検出器130を無効にする。

【0119】ヒステリシス回路152は前のフレームのしきい値とヒステリシスバンド幅を考慮し、最初の最大画素値とその後の最大画素値との差がしきい値間の遷移を保証するのに十分であるか否かを決定する。

【0120】しきい値デコーダ150はシーン検出回路110、高輝度フィルタ120、最大画素値検出器130及びヒステリシス回路152からの出力を受ける。シーン検出、高輝度及びヒステリシスについての計算をした後、しきい値検出器150は結果の最大画素値を、サブフィールド境界に対応するしきい値と比較する。どのしきい値が交差したかを特定することにより、システムは通常使用されないサブフィールドを特定し、所望のレベルの輝度に対する維持パルスを生成する。例えば、図10を参照し、 $TH2 = 155$ 以下で $TH3 = 115$ より大きい最大画素値が、サブフィールド11及び12が画像エンハンスメントのために利用できる。

【0121】しきい値デコーダ150はどのしきい値が交差したかを示すモード制御を生成する。テーブル2はしきい値と対応するモード制御値をリストする。

【表2】テーブル2
モード制御ビット

しきい値 デコード	モード制御ビット		
	2	1	0
しきい値0	0	0	0
しきい値1	0	0	1
しきい値2	0	1	0
しきい値3	0	1	1
しきい値4	1	0	0

(16)

29

【0122】逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180は、フレームメモリ140からデータを得て、しきい値デコーダ150からモード制御を得る。逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180は逆ガンマ補正を8ビット画像データに適用し、サブフィールドデータメモリに送られる12ビット画像データを生成する。

【0123】モード1（低いレベルの解像度を向上させるよう動作する）において、逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180は、図13から図17に示すように、新しいLSBをTH1、TH2、TH3、TH4に
10 対するサブフィールド12、11、10、9にそれぞれ割り当てる。モード2において、MPDの低減のために、ROM 180は8ビット入力データを逆ガンマ補正後の12個のサブフィールドに再分配させる。

【0124】しきい値デコーダ150は、逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180がフレームメモリ140からのデータに対して動作する前に、モードを決定することに注意すべきである。このため、逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180は、適当な8-12
20 ビットの階調方式を選択するためのモード制御を要求する。しきい値検出動作は逆ガンマ補正に先立つことから、正しい入力値が、逆ガンマ補正後のしきい値と関連させる検出のために選択される。例えば、もし、しきい値1が画像データ202に対して交差すれば、入力値230が逆ガンマ補正計算に基いて検出される。

【0125】システムの前段で逆ガンマ補正の適用が可能である。しかしながら、これは、フレームメモリに対するのと同様に全ての検出プロセッサに対して12ビットのデータ経路を必要とするであろう。これは、不必要で複雑でより高価なハードウェアを生ずるであろう。また、逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROMを、図40の破線ブロックで示すように、逆ガンマ補正ROM 182と維持パルス符号化ROM 184とに分離できる。
30 しかしながら、これは、逆ガンマ補正ROM 182から維持パルス符号化ROM 184への12ビット出力を必要とするであろう。1つのROMにおいて両機能を実現することは、プロセスを単純化し、必要なハードウェアを少なくできる。

【0126】維持パルス分布及びサブフィールド総計回路170は、しきい値デコーダ150からモード制御を受信する。維持パルス分布及びサブフィールド総計回路170は、逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 180により生成された符号化された12ビットデータの維持パルスと整合する維持パルスをサブフィールド毎に生成し、維持パルスを維持回路に送信する。向上された階調方式（9-12ビット）に対するポテンシャルは事前に求められ、システムがどれだけ多くの維持パルスを生成できるかに大きく依存する。

【0127】維持パルス分布及びサブフィールド総計回路170と逆ガンマ補正及び維持パルス符号化ROM 1
50

30

80は、調和して作動し、維持パルス分布を変更する。これは、低レベル解像度の改善のために新しいパルスをサブフィールドへ割り当てることと、MPDを低減するためのパルスの再分配とを含む。それらは、サブフィールドをフレーム内に配置し、もし可能であれば、積算されたデッドタイムから新しいサブフィールドを生成する。

【0128】電力削減のためにモード3を適用する場合、しきい値デコーダ150は最大画素値検出器130からの入力のみを利用する。表示のために駆動回路は未使用サブフィールドの間はオフにされる。モード3は残っているサブフィールドを切り換えないので、シーン検出回路110、高輝度フィルタ120及びヒステリシス回路152はモード3の動作には不要である。

【0129】本発明はまた10ビットRGB入力を使用するシステムにおいて適用可能である。10ビット入力源はプロフェッショナルのデジタルビデオフォーマットで利用できる。また、他のアナログ源も10ビットアナログ-デジタルコンバータを用いて10ビットに変換可能である。

【0130】10ビット源を有することは、より明るいレベルの画像に対しより多くの詳細を付加するが、増加した入力解像度は逆ガンマ曲線の傾きが非常に小さい低いレベルでは一般にはっきりと現れない。そのかわり、10ビット階調方式の逆ガンマ応答は、レベル45（8ビット）または180（10ビット）までの8及び10ビット入力に対し、仮想的に等しい。しかしながら、このレベルより上では、逆ガンマ曲線の傾きがより大きくなるにつれ、ずっとより多くの画像の詳細が10ビット源から与えられる。

【0131】図41は、10ビットガンマ補正されたビデオ信号を受信する回路のブロック図である。図40における8ビット回路に対して前述した全てのモードが10ビット入力を使用して適用される。ハードウェアにおける大きな違いは、10ビットシステムに対する逆ガンマ補正及び維持パルス符号化読み出し専用メモリ（ROM）280が、2つの更なるアドレス（入力データ）ビットを調整するために4倍複雑でなければならないことである。簡単化のために、最大画素値検出器230は、
40 前述の様に最大画素値を決定する前の2つのLSBを8ビットから切り捨てる。

【0132】12個のサブフィールドに対し、1つまたは2つの新しいLSBの階調を追加したとき、これらの新しい逆ガンマ補正されたビットは10ビット源により与えられた2つの追加のLSBから引き出される。8ビットシステムの場合の様に、任意の追加のLSBは逆ガンマ計算からの12ビット出力から生成される。その2つの追加のものとLSBは、前述の追加の画像の詳細を与える。

【0133】前述の説明は本発明を単に例示したのみで

(17)

31

ある。当業者により、種々の代案や変更が本発明からはずれることなく考案されることが可能である。したがって、本発明は、添付の請求の範囲の範囲内にある、そのような代案、変更、変動を含むことが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のPDPの構成の斜視図。

【図2】 フレーム時間とその中に含まれるサブフィールド(SF)とを示した概略図。

【図3】 1つのサブフィールド内にある信号を説明した図。

【図4】 8ビット階調システムに対する、8サブフィールド上への標準的な維持パルス(SP)分布を説明した図。

【図5】 8ビット階調システムに対する、12サブフィールド維持パルス分布を説明した図。

【図6】 8ビット階調システムに対する、パルス幅変調された12サブフィールド維持パルス分布を説明した図。

【図7】 ガンマ補正関数、逆ガンマ関数及び線形出力関数のグラフ。

【図8】 従来のビデオ信号データの0から40カウン트의範囲の入力値に対するガンマ補正関数のグラフ。

【図9】 本発明による、しきい値を持った8ビット階調システムに対する、8サブフィールド維持パルス分布を説明した図。

【図10】 本発明による、しきい値を持った8ビット階調システムに対する、12サブフィールド維持パルス分布を説明した図。

【図11】 本発明による、しきい値を持った8ビット階調システムに対する、パルス幅変調12サブフィールド維持パルス分布を説明した図。

【図12】 本発明による、逆ガンマ補正に対して入力された低い値に対して実現可能な擬似的な9-12階調方式のグラフ。

【図13】 本発明による、パルスをサブフィールドに割り当て、12サブフィールド上に維持パルスを分配する技術を説明した図。

【図14】 本発明による、パルスをサブフィールドに割り当て、12サブフィールド上に維持パルスを分配する技術を説明した図。

【図15】 本発明による、パルスをサブフィールドに割り当て、12サブフィールド上に維持パルスを分配する技術を説明した図。

【図16】 本発明による、パルスをサブフィールドに割り当て、12サブフィールド上に維持パルスを分配する技術を説明した図。

【図17】 本発明による、パルスをサブフィールドに割り当て、12サブフィールド上に維持パルスを分配する技術を説明した図。

【図18】 本発明による、通常の未使用サブフィール

32

ドの代わりに新しい最下位ビット(LSB)を有するサブフィールドを説明した図。

【図19】 本発明による、フレーム先頭に配置された新しい最下位ビット(LSB)を有するサブフィールドを説明した図。

【図20】 本発明による、新しいパルスが積算されたデッドタイムの後に配置される好ましい形態を説明した図。

【図21】 本発明による、端数の維持パルスを含み、12個のサブフィールドに対して分配された維持パルスを説明した図。

【図22】 本発明による、端数の維持パルスを含み、12個のサブフィールドに対して分配された維持パルスを説明した図。

【図23】 本発明による、12個のサブフィールド上に維持パルスを再分配する技術を説明した図。

【図24】 本発明による、12個のサブフィールド上に維持パルスを再分配する技術を説明した図。

【図25】 本発明による、12個のサブフィールド上に維持パルスを再分配する技術を説明した図。

【図26】 本発明による、12個のサブフィールド上に維持パルスを再分配する技術を説明した図。

【図27】 本発明による、12個のサブフィールド上に維持パルスを再分配する技術を説明した図。

【図28】 本発明による、デッドタイムが積算され、新しいサブフィールドを生成するために割り当てられる技術を説明した図。

【図29】 本発明による、13個のサブフィールドを含めるための維持パルスの提案された再分配を示す図。

【図30】 本発明による、14個のサブフィールドを含めるための維持パルスの提案された再分配を示す図。

【図31】 本発明による、パルスをサブフィールドへ割り当てるための技術と、維持パルスを12個のサブフィールドへ再分配する技術の組み合わせを説明した図。

【図32】 本発明による、パルスをサブフィールドへ割り当てるための技術と、維持パルスを12個のサブフィールドへ再分配する技術の組み合わせを説明した図。

【図33】 本発明による、パルスをサブフィールドへ割り当てるための技術と、維持パルスを12個のサブフィールドへ再分配する技術の組み合わせを説明した図。

【図34】 本発明による、動的な電力低減の技術の一例を示した図。

【図35】 本発明による、それぞれがヒステリシスバンドを持ついくつかのしきい値レベルを示す図。

【図36】 本発明による、表示の画像品質を改善する方法のフローチャート。

【図37】 本発明による、表示の低解像度を改善する方法のフローチャート。

【図38】 本発明による、動画擬似輪郭を低減する方法のフローチャート。

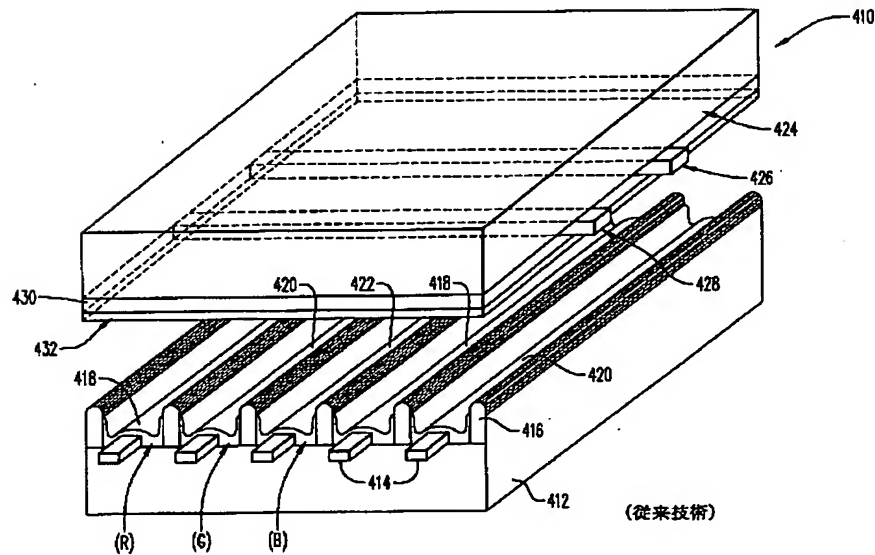
(18)

33

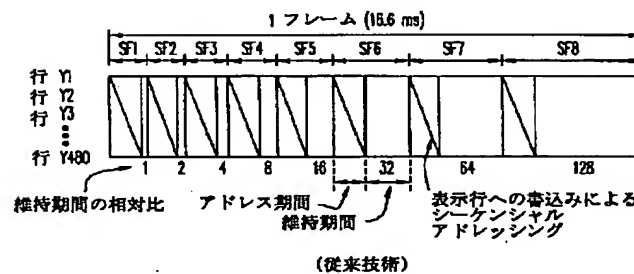
【図 39】 本発明による、表示による消費電力を低減する方法のフローチャート。

【図４０】 本発明による、８ビットのガンマ補正されたビデオ信号を受け、表示の画像品質を改善する回路の

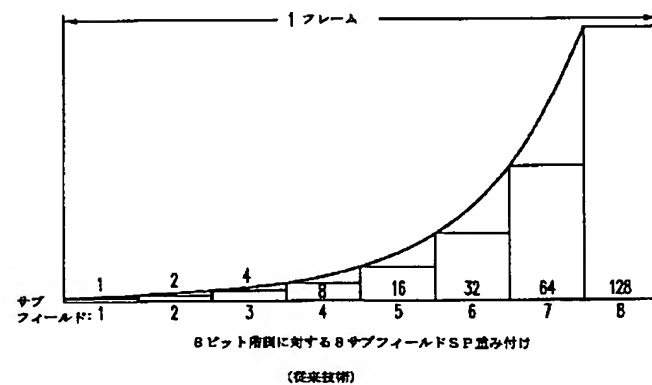
【図 1】



【図 2】



【図 4】

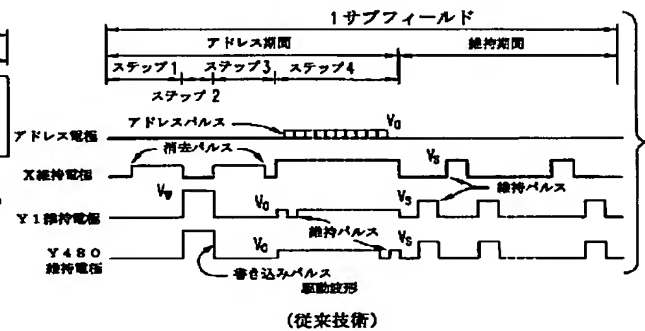


34

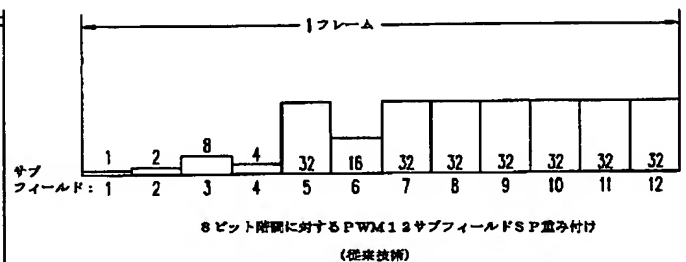
ブロック図。

【図４１】 本発明による、１０ビットのガンマ補正されたビデオ信号を受け、表示の画像品質を改善する回路のブロック図。

【図 3】

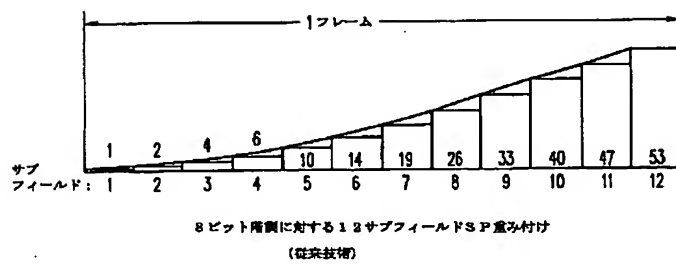


【図 6】

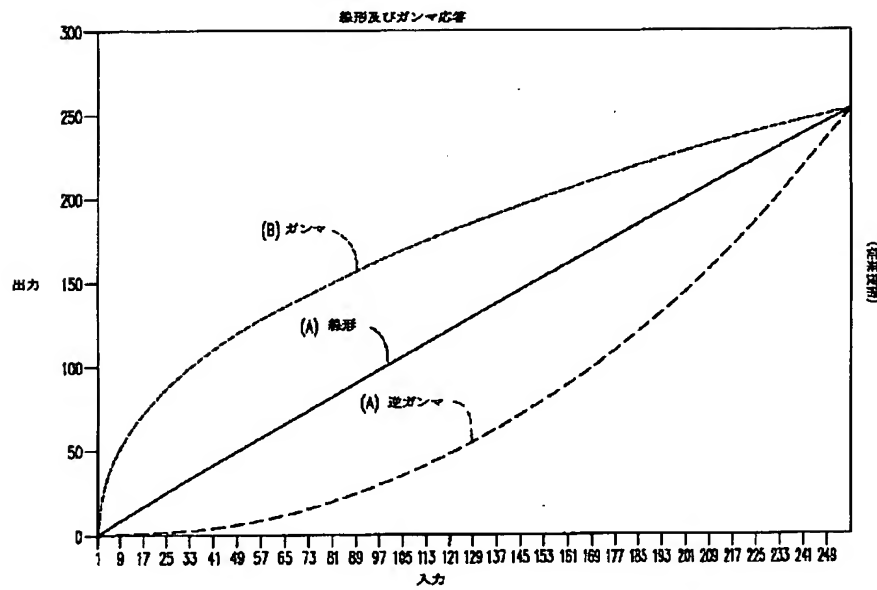


(19)

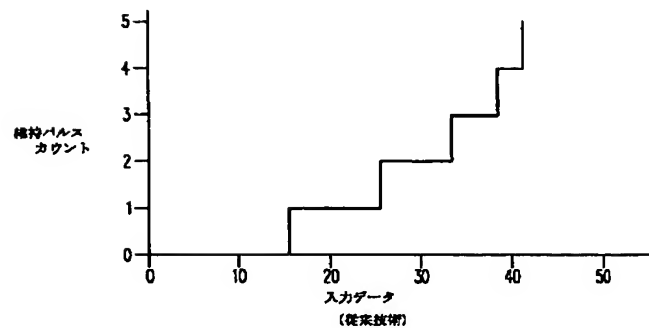
【図5】



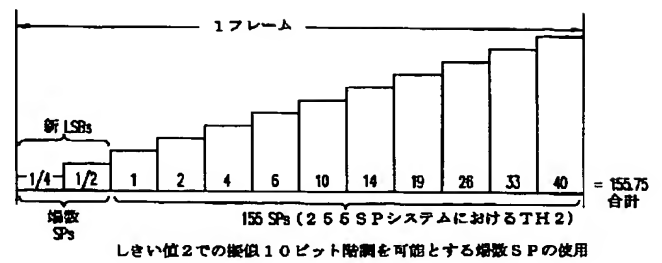
【図7】



【図8】

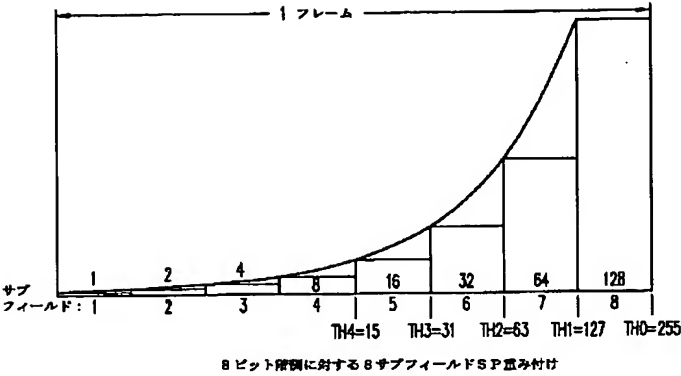


【図21】

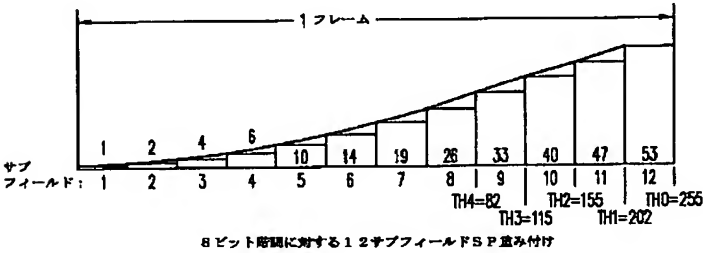


(20)

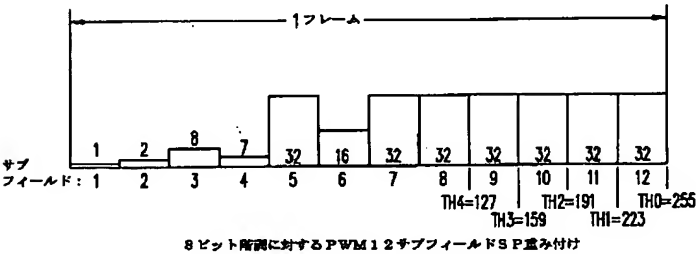
【図 9】



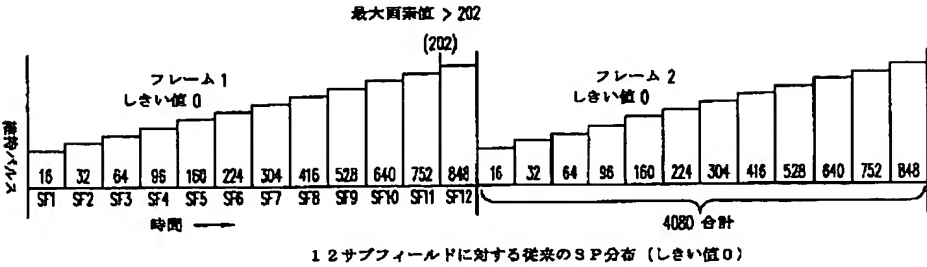
【図 10】



【図 11】

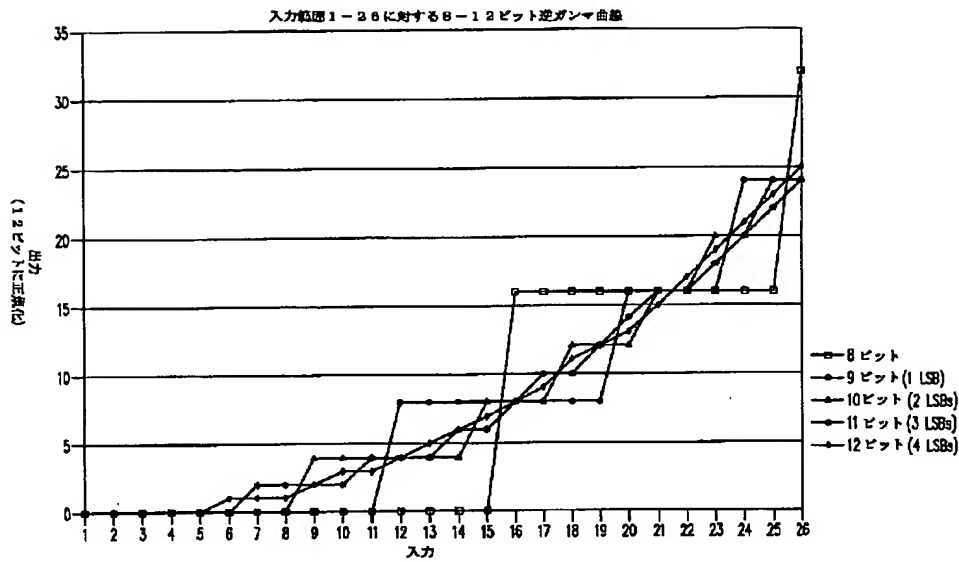


【図 13】

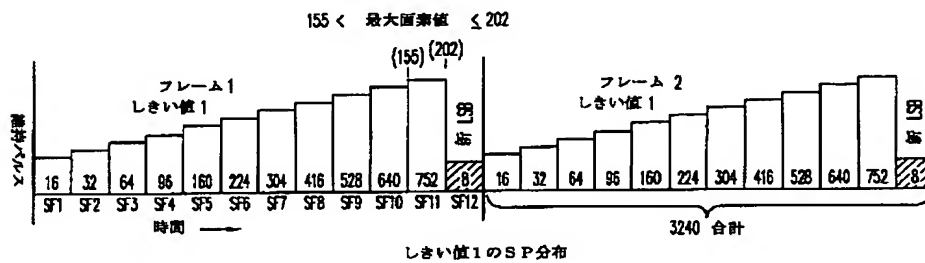


(21)

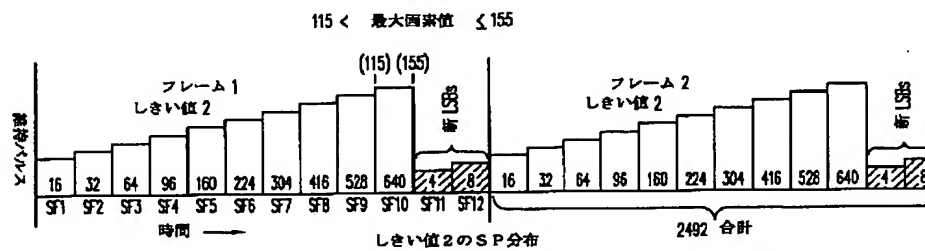
【図12】



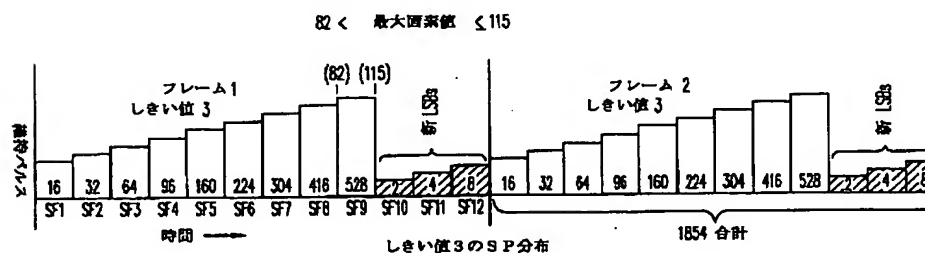
【図14】



【図15】

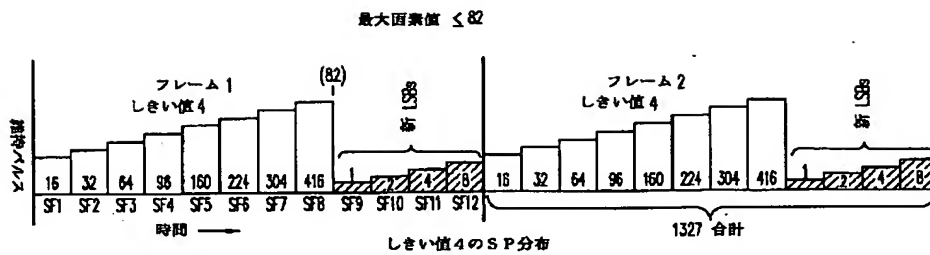


【図16】

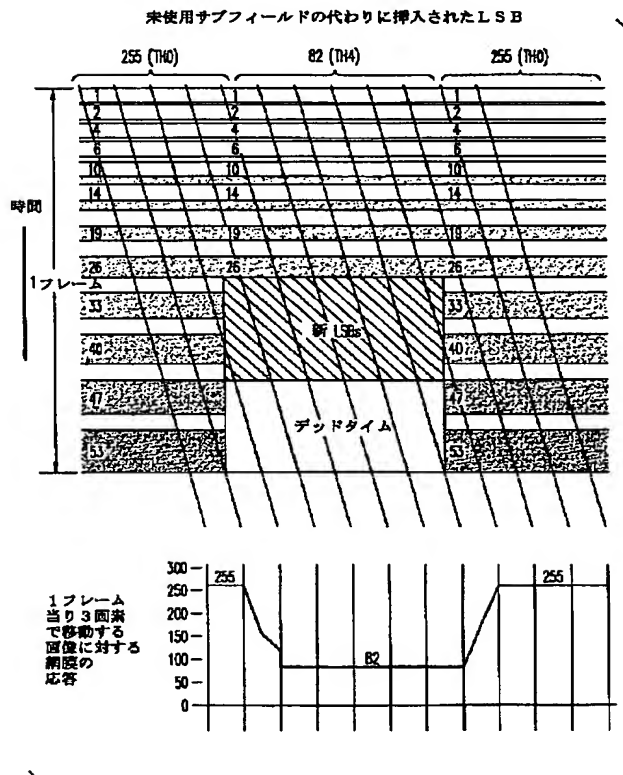


(22)

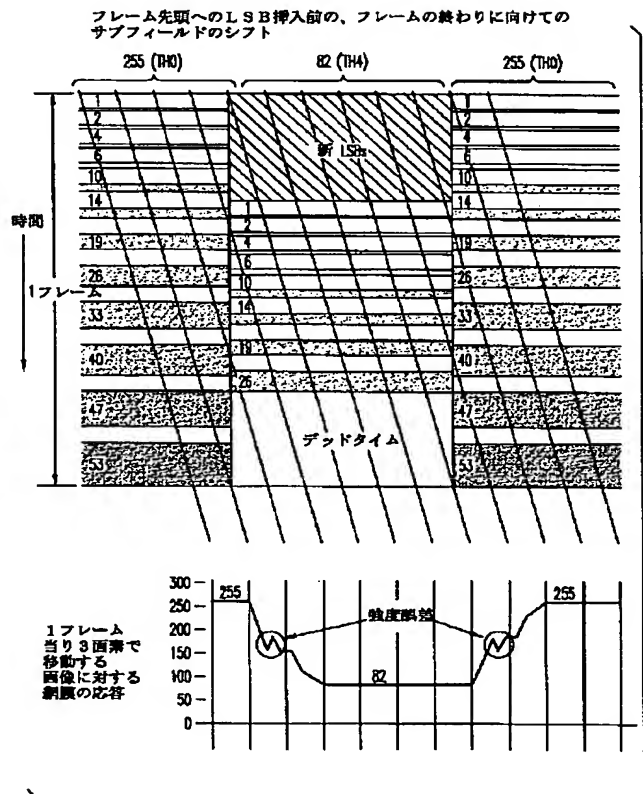
【図17】



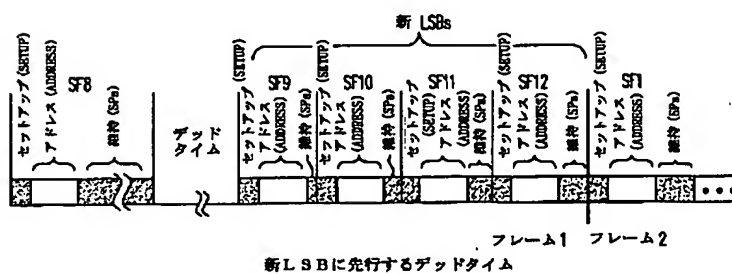
【図18】



【図19】

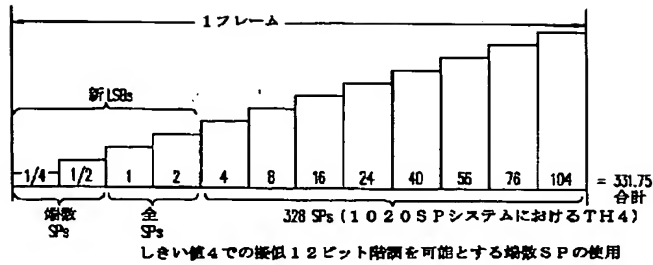


【図20】

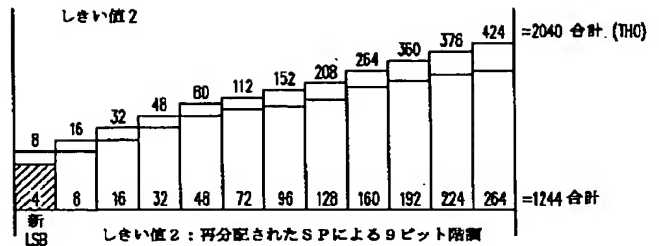


(23)

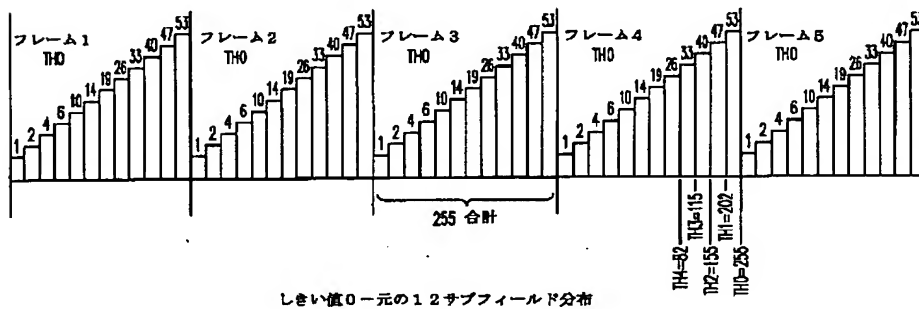
【図22】



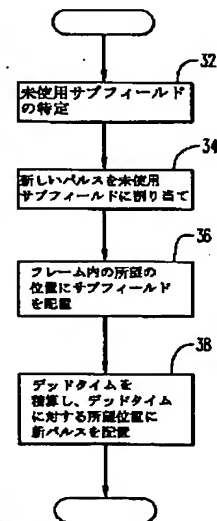
【図31】



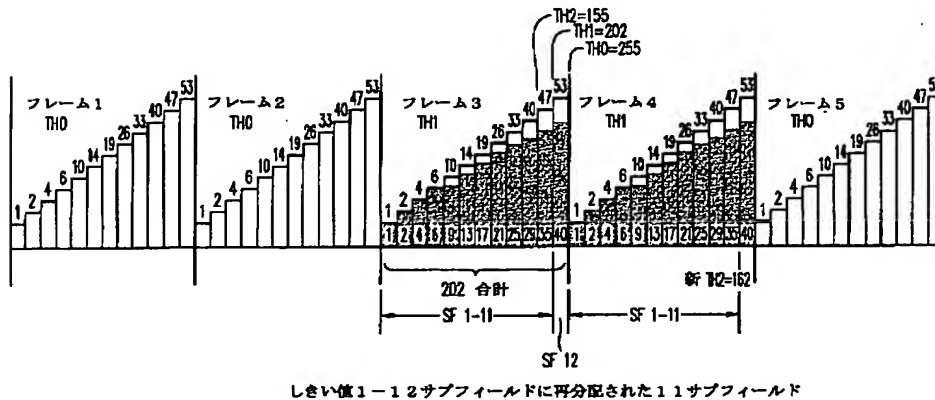
【図23】



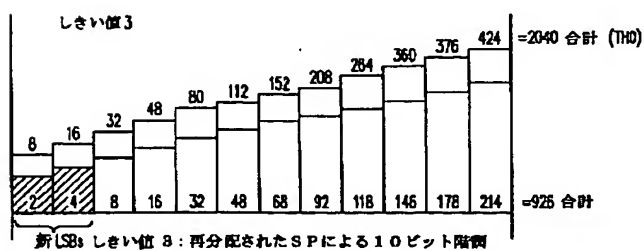
【図37】



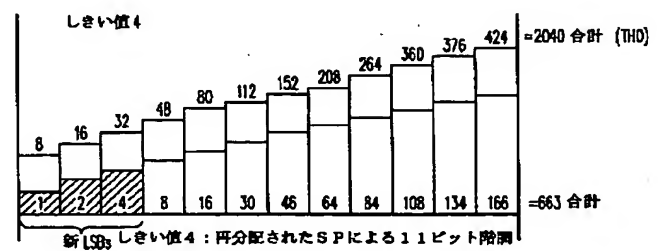
【図24】

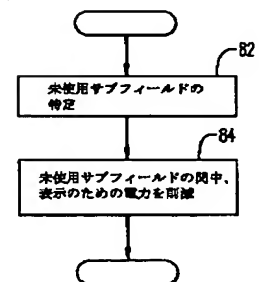


【図32】



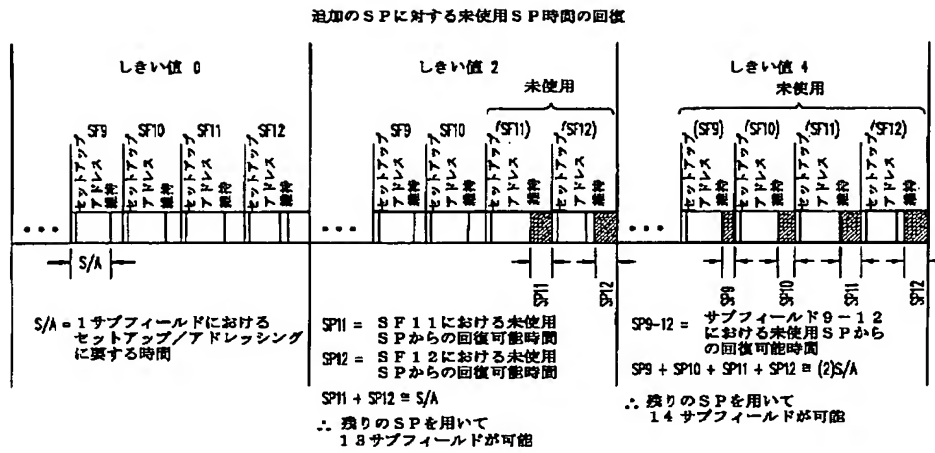
【図33】



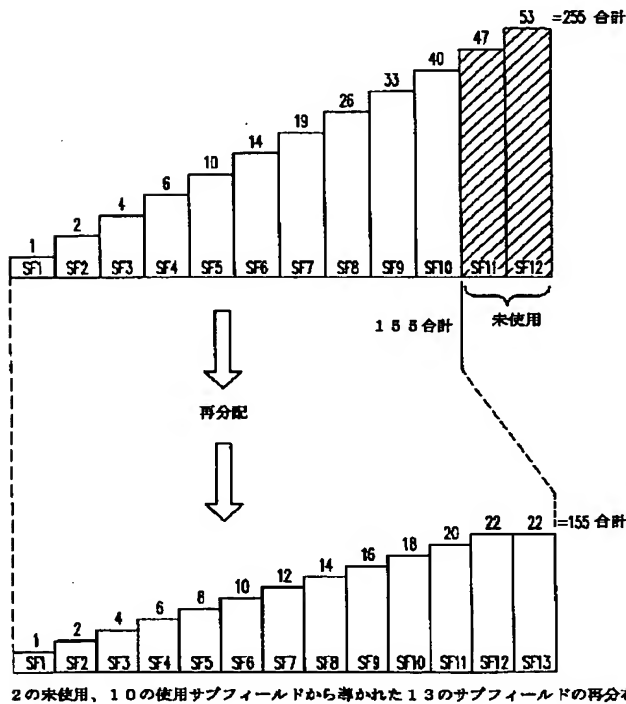


(25)

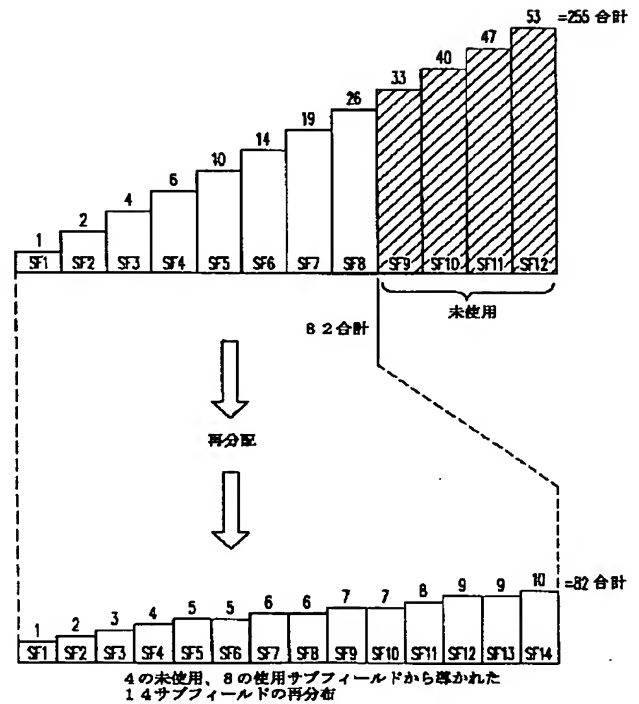
【図 28】



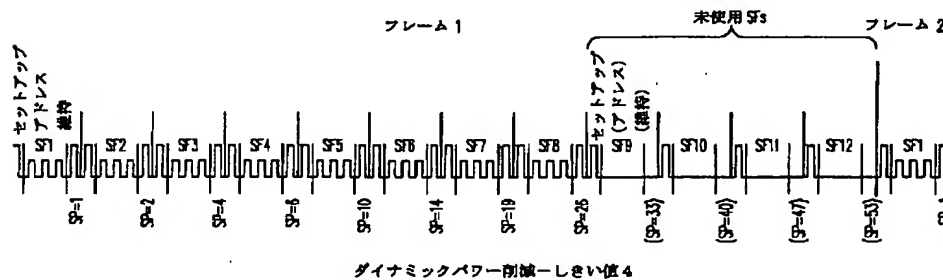
【図 29】



【図 30】

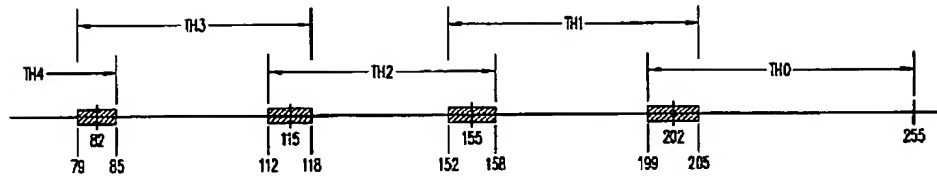


【図 34】

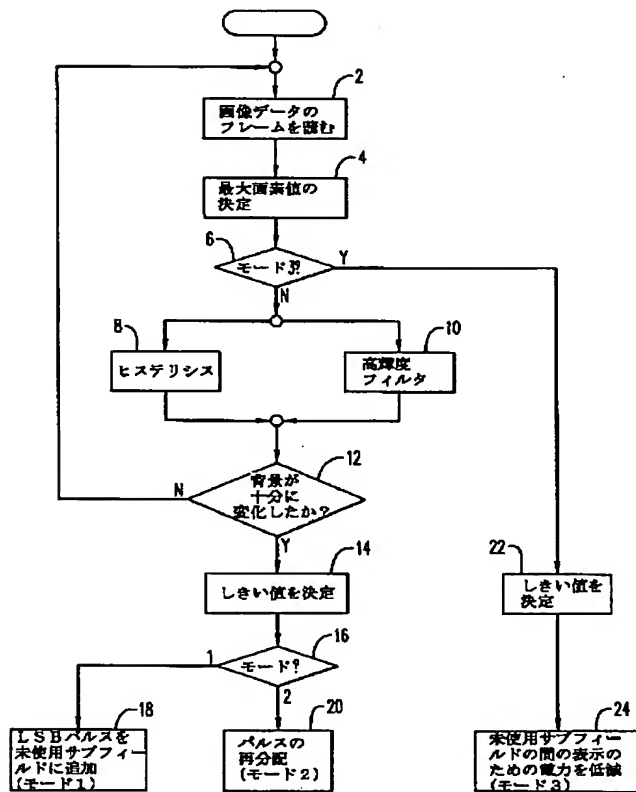


(26)

【図 3 5】

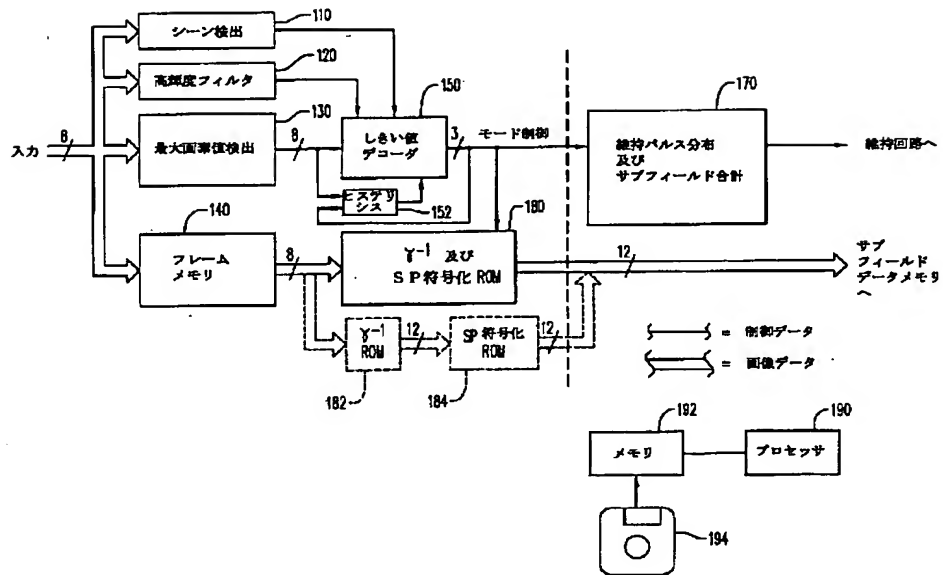


【図 3 6】

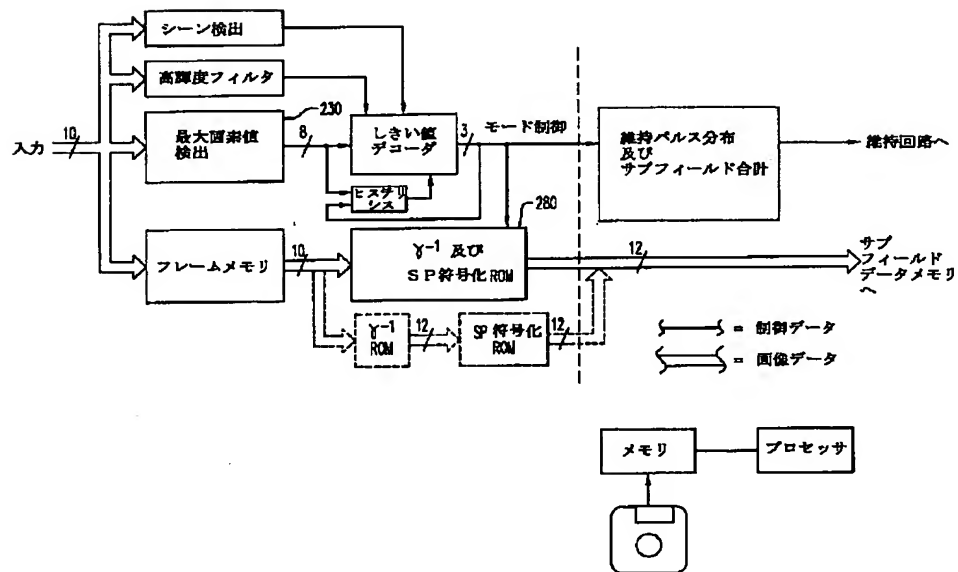


(27)

【図 40】



【図 4 1】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.